



64  
2.4

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**"CAMPUS ARAGON"**

**PROYECTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO  
PARA UNA INDUSTRIA SIDERURGICA.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A ;  
**BOGART OSCAR TORRES CASTILLO**

DIRECTOR DE TESIS: ING. J. J. RAMON MEJIA ROLDAN

SAN JUAN DE ARAGON

MARZO DE 1986

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

BOGART OSCAR TORRES CASTILLO  
P R E S E N T E

En contestación a su solicitud de fecha 4 de octubre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. RAMÓN MEJÍA ROLDÁN pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "PROYECTO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PARA UNA INDUSTRIA SIDERÚRGICA" con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 16 de Octubre de 1955.  
EL DIRECTOR

  
MARI CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/IIa.


## " DEDICATORIAS "

### A MIS PADRES:

El logro de una meta mas en la vida de cualquier persona indudablemente es importante, pero cuando esta meta involucra " Esfuerzo ", " Dedicación ", " Sacrificios " y " Entrega ", se convierte en una ocasión muy especial. Pero más aun cuando una cuenta con alguien con quien compartirla. Por la vida, educación, cariño, amor, apoyo, ejemplo y esas otras cosas que solo ustedes saben dar. " Gracias Viejos ".

### A MIS HERMANOS:

Cesar (Jenrru), Eric (Flaco), Sandi (Pee) y Alan (Pilón), a los que quiero y agradezco el apoyo mutuo que nos procuramos. " Gracias Muchachos ".

### AL ING. ALFREDO SOSA CORRAL:

Por su apoyo incondicional, tiempo y dedicación para que lograra esta meta. Ya que sin usted este trabajo no hubiera sido posible. " Gracias ".

### AL ING. J.J. RAMÓN MEJÍA ROLDAN:

Por sus enseñanzas, experiencias y apoyo, para la elaboración de este trabajo y mi formación como profesionista. " Gracias ".

**AL ING. JUAN MÉNDEZ MORENO:**

Que por azahares del destino, no logro ver el resultado de sus enseñanzas. Pero se que diría, "BIEN COUGAR".

**A MI NOVIA IRMA:**

Por su comprensión, paciencia, cariño, comidas, amor, dedicación y demás virtudes por hacer más agradable mi vida. "Gracias Hija".

**A LA FAMILIA MENA LÓPEZ:**

Por permitirme formar parte de ustedes, brindándome su casa, confianza y apoyo. "Gracias".

**A MIS COMPAÑEROS DE ESCUELA:**

Desde el Kinder hasta la Superior he tenido la fortuna de conocerlos y convivir con ustedes, dar la lista de ellos seria interminable, pero a todos y cada uno de ustedes "gracias".

**A todas aquellas personas que son parte de mi formación como persona, familiares, conocidos, amigos y los que me faltaron.**

**! Gracias a todos y cada uno !**

# PROYECTO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PARA UNA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
II OBJETIVO DE LA TESIS .....	1
III GENERALIDADES .....	3

## C A P Í T U L O    1

### LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

1.1 CONCEPTOS GENERALES .....	3
1.2 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA .....	5
1.3 PROCESOS DE ACERACIÓN .....	7
A) PROCESO BESSEMER .....	7
B) PROCESO SIEMENS .....	9
C) PROCESO LD .....	11
D) PROCESO ELÉCTRICO .....	13
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA .....	15

## **C A P Í T U L O    2**

### **FUNCIONES BÁSICAS DE CADA DEPARTAMENTO.**

2.1 DEFINICIONES .....	19
2.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	20
2.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	20
2.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	20
2.2 EQUIPOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO .....	21
2.2.1 TRANSFORMADOR .....	23
2.2.2 INTERRUPTORES .....	25
2.2.2.1 MÉTODOS DE EXTINCIÓN DEL ARCO.....	27
2.2.3 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO .....	38
2.2.4 CUCHILLAS DESCONECTORAS .....	39
2.2.5 AISLADORES .....	44
2.2.6 MOTORES ELÉCTRICOS .....	45
2.2.7 CONEXIÓN A TIERRA .....	50
2.2.8 TABLEROS ELÉCTRICOS .....	53
2.3 NAVE DE HORNOS .....	55
2.4 CASA DE POLVOS .....	58
2.5 ÁREAS COMPLEMENTARIAS .....	59
2.5.1 PATIO DE CHATARRA .....	59
2.5.2 COLADA CONTINUA .....	60
2.5.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS .....	60
2.5.4 ACABADOS .....	61

## **C A P Í T U L O 3**

### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

3.1 PANORAMA GENERAL .....	62
3.1.1 OBJETIVO .....	64
3.2 ALTERNATIVAS POR ANALIZAR .....	65
3.2.1 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN .....	66
3.2.2 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y COMPRAS .....	66
3.2.3 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y CONTABILIDAD .....	67
3.2.4 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y RECURSOS HUMANOS .....	67
3.2.5 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....	68
3.2.6 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO .....	70
3.3 VENTAJAS DE LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	71
3.4 ALCANCES DEL PROGRAMA .....	75

## **C A P Í T U L O 4**

### **ORGANIZACIÓN Y CONTROL**

4.1 PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN .....	76
4.1.1 METODOLOGÍA A SEGUIR .....	77
4.2 REPORTES DE TRABAJO Y ACCIONES A SEGUIR .....	78
4.2.1 EQUIPOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO .....	79
4.2.2 PATIO DE CHATARRA Y GRÚAS .....	84
4.2.3 NAVE DE HORNOS .....	90
4.2.4 NAVE DE COLADA CONTINUA .....	95

4.3 ORGANIZACIÓN DE RECURSOS DISPONIBLES .....	106
4.3.1 CAPACITACIÓN .....	107
4.3.2 PRUEBAS DE LABORATORIO .....	108
4.3.3 EXPERIENCIAS EN EL CAMPO .....	113
4.4 NORMAS DE SEGURIDAD .....	120

## **C A P Í T U L O 5**

### **COSTOS DE MANTENIMIENTO**

5.1 ANÁLISIS DE LOS COSTOS .....	126
5.1.1 OBJETIVOS .....	127
5.1.2 ESTIMACIÓN .....	127
5.2 REGISTRO DE LOS DATOS ESTADÍSTICOS .....	128
5.2.1 ELABORACIÓN DE REPORTES .....	130
5.2.2 PROCEDIMIENTOS NECESARIOS .....	133
5.3 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROGRAMA .....	135
5.3.1 APLICACIÓN DE RESULTADOS .....	138
5.4 VENTAJAS ECONÓMICAS .....	139
5.4.1 BENEFICIOS A LARGO PLAZO .....	140
CONCLUSIONES .....	141
BIBLIOGRAFÍA .....	142

# INTRODUCCIÓN

## I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La actividad económica mundial gira en torno de diversos factores que involucran, el giro industrial de la empresa, el aseguramiento de la calidad en los productos, el mercado que se tenga que satisfacer ( nacional e internacional ), el tiempo requerido para una producción determinada, entre otros. Para tal efecto los sistemas productivos deben estar disponibles la mayor parte del tiempo posible, pero factores como los paros imprevistos, la falta de mantenimiento en los mismos y el no contar con presupuesto para la adquisición de nuevos equipos, impiden a las empresas cumplir con los compromisos adquiridos con anterioridad. De aquí la necesidad imperante de contar con un programa de mantenimiento confeccionado especialmente para las necesidades existentes en la planta y capaz de dar solución a problemas reales presentes en las jornadas laborables.

## II OBJETIVO DE LA TESIS.

El objetivo de este trabajo es proporcionar las bases de elaboración de un programa de mantenimiento, así como ejemplos prácticos a seguir durante su desarrollo, todo encaminado a preservar los sistema eléctricos en una planta siderúrgica.

En la práctica, el alcance de las actividades de un departamento de mantenimiento, es diferente en cada planta y se encuentra en función del tamaño de la misma, de su tipo, de la política en la compañía y sus antecedentes como empresa. Se debe resaltar la importancia de que cualquier programa de mantenimiento bien confeccionado, producir beneficios que superen la inversión inicial.

### III GENERALIDADES.

Desde la antigüedad, la elaboración de acero ha sido elemento vital en el desarrollo de las naciones y promotor de los avances tecnológicos de la industria mundial, al incorporar una gran variedad de productos que en esta se elaboran. Encontramos que la industria siderúrgica, proporciona a la sociedad grandes beneficios, principalmente fuentes de trabajo.

La producción de hierro y acero, comprende un porcentaje significativo de la producción metalúrgica anual a nivel mundial. En promedio, son los metales más económicos del mundo. En algunas aplicaciones tiene primacía el hierro y el acero, mientras que en otras áreas hay fuerte competencia en otros metales y no metales.

En la actualidad, donde la economía nacional cruza por momentos difíciles, la imposibilidad de adquirir todos los equipos necesarios, enfocados a la optimización de los procesos y que incorporen los últimos avances tecnológicos, representa una limitante que nos conduce a la implementación de programas de mantenimiento que nos garanticen el buen funcionamiento del equipo existente por el mayor tiempo posible.

La operación continua de cualquier planta industrial depende de varios factores, pero indudablemente uno de los principales, es contar con un plan de mantenimiento especialmente diseñado para las necesidades de la misma. El mantenimiento, debe contemplar varios factores, entre los que se encuentran: capacidad de la nave, jornada de trabajo, programas de capacitación al personal, futuras expansiones, etc.; para operar en condiciones óptimas.

# C A P I T U L O    1

## LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

### 1.1 CONCEPTOS GENERALES.

Primeramente se pretende aclarar algunos términos que se utilizarán en repetidas veces durante éste capítulo:

**Acero:** El acero es una aleación cristalizada del hierro, carbono y otros varios elementos, que endurece cuando se le enfría bruscamente después de estar en su temperatura crítica. El carbono es un constituyente más importante, por su habilidad para aumentar la dureza y la resistencia del acero.

**Arrabio:** La materia prima más importante para todos los productos ferrosos, es el arrabio, el producto del alto horno. El arrabio se obtiene fundiendo el mineral del hierro con coque y piedra caliza.

**Colada:** La colada o vaciado es el proceso que da forma a un objeto al hacer entrar material líquido en un agujero o cavidad formado que se llama molde, donde se deja que se solidifique el líquido.

**Coque:** Es un residuo sólido, poroso, que se utiliza como combustible en los altos hornos para transformar el arrabio ó fundir mineral.

**Escoria:** Durante la fundición del acero es necesario agregar un fúndente, cuya función consiste en separar las impurezas del producto ( escoria ), la cual se deposita en la parte superior del líquido.

**Fundición:** Es el proceso por el cual los metales, minerales u otras sustancias sólidas se derriten mediante la acción del calor.

**Oxidación:** La oxidación es un tipo de corrosión, que implica la reacción de los metales con el oxígeno a temperaturas elevadas, usualmente, en la ausencia de humedad.

**Siderurgia:** Es el proceso de transformar los metales ( de un estado natural ), en un producto para satisfacer una necesidad humana.

**Decapado:** Limpiar el acero con productos químicos para eliminar los óxidos o alguna impureza que contenga como consecuencia del proceso.

**Trefilado:** Adelgazar el acero para obtener mejor maleabilidad para procesos posteriores, los cuales involucren maleabilidad.

## 1.2 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA.

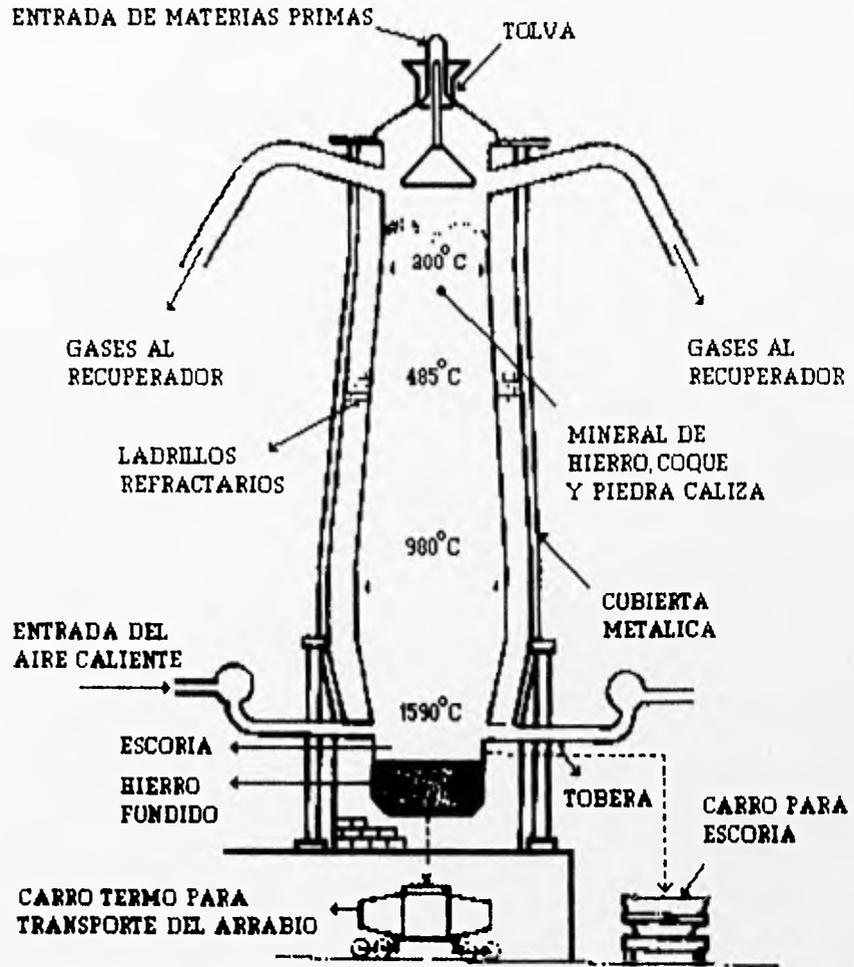
Antes de iniciar el estudio de los modernos procedimientos de fabricación del hierro y del acero, creemos que es interesante hacer un breve resumen de la evolución que a través de los años han experimentado los procesos siderúrgicos.

Se sabe que, en los primeros periodos históricos de la humanidad, el hombre utilizó el hierro meteórico, aunque sólo en lugares y ocasiones muy limitadas. Luego se vio que esos metales puros, al ser calentados a altas temperaturas, fundían y podían ser colados en estado líquido en moldes de piedra arenisca o arcilla cocida y así se podía obtener por fusión y colada, según se deseara objetos de adorno, armas, herramientas, etcétera.

En la antigüedad, el conocimiento y el empleo de los metales se desarrolló al mismo tiempo que avanzaba la civilización. En la época romana, el hierro ya era un elemento esencial para la fabricación de armas, instrumentos de agricultura y herramientas de toda clase. Los romanos favorecieron mucho la fabricación en todos los países que conquistaron.

Los pueblos de la edad media no aportaron mejoras importantes en los procesos de obtención del hierro y olvidaron, en cambio, muchos de los procedimientos y técnicas empleadas por las civilizaciones del Oriente Medio.

En los últimos años del siglo XIX, los aceros finos de alta calidad para herramientas y otros usos especiales se fabricaban exclusivamente en los hornos de crisol. Como los crisoles se manipulaban a mano y eran de pequeña capacidad ( unos 30 Kg. cada uno ), en ocasiones, cuando se deseaba fabricar lingotes de gran tamaño, había que emplear hornos capaces de calentar 30, 50 ó 100 crisoles a la vez. En la figura 1.1 se muestra la sección transversal de un alto horno.



**Fig. 1.1 Sección transversal de un alto horno**

### 1.3 PROCESOS DE ACERACIÓN.

Los métodos de obtención del acero varían en función del tipo de proceso empleado en su elaboración, y estos son:

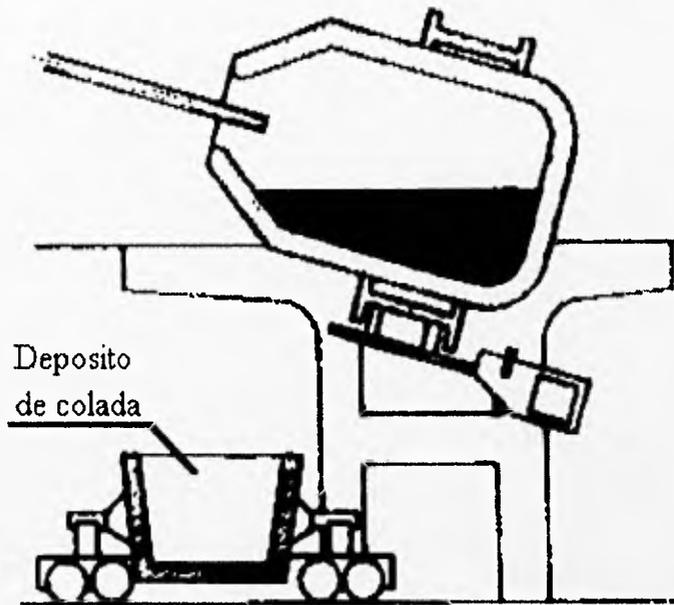
- Acero de proceso obtenido en convertidor con aire ( Bessemer ).
- Acero de horno de hogar abierto ( Siemens Martín )
- Acero de proceso obtenido en convertidor con oxígeno ( LD ).
- Acero de horno de arco eléctrico.

#### A) PROCESO BESSEMER.

El descubrimiento de Bessemer, en el año de 1856, la fabricación de hierro y del acero por soplado de la fundición líquida, ha sido el momento más notable en la industria de la Siderurgia.

El método ideado por Bessemer consistía en hacer pasar un chorro de aire a través de unas 15 t. de arrabio líquido para su conversión en acero. No es necesaria ninguna aportación externa de calor, puesto que la oxidación del silicio, manganeso y carbono de arrabio, liberan calor suficiente para compensar cumplidamente los efectos del enfriamiento.

Una de las características más peculiares del procedimiento Bessemer era su extraordinaria rapidez. La transformación de la fundición en acero se realizaba en muy pocos minutos, por que el oxígeno del aire y el baño metálico se mezclaba muy íntimamente. Toda la operación duraba algo más de un cuarto de hora. Un horno Bessemer convencional se muestra en la figura 1.2



**Fig. 1.2 Convertidor Bessemer**

El proceso Bessemer, que fue realmente el primer procedimiento que sirvió para fabricar acero en gran escala, tenía las siguientes ventajas:

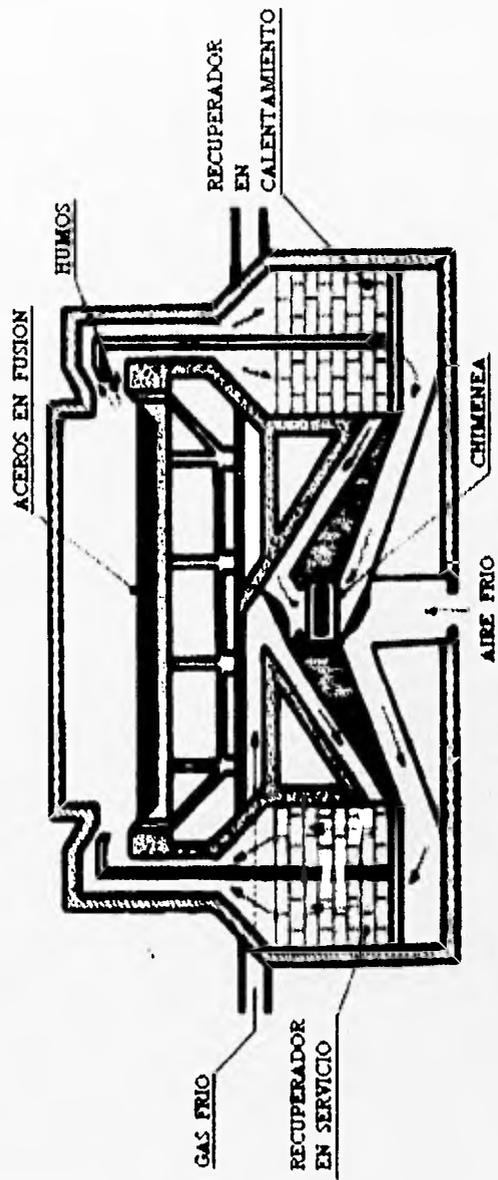
- Era capaz de alcanzar producciones mayores que las que se conseguían en hornos típicos.
- La calidad del acero fabricado en este convertidor era superior.
- Se podían fabricar sin dificultad todos los aceros con carbono variable, ya que en los hornos existentes solo se realizaba hierro.
- Era un rápido proceso que permitía una producción diaria mucho mayor.

## B) PROCESO SIEMENS.

La mayor parte del acero fabricado en el mundo durante los años 1898 y 1968, fue fabricado en los hornos Siemens. El horno Siemens puede considerarse, por lo tanto, como la instalación más importante que ha existido en la primera mitad del siglo XX para fabricar acero.

El horno Siemens-Martin de hogar abierto, consiste principalmente en un hogar recubierto por ladrillo refractarios ácidos o básicos; en la actualidad la mayoría son básicos, ya que con éstos se puede controlar o eliminar un mayor número de elementos. Posee además, dos cámaras de ladrillos refractarios, que alternativamente precalientan aire para la combustión, invirtiéndose alternativamente las funciones de las cámaras.

Los materiales utilizados para el acero de hogar abierto son arrabio, chatarra de acero, piedra caliza, mineral de hierro, combustible ( gas, petróleo o coque metalúrgico ), oxígeno y aire. La piedra caliza se utiliza como fúndente, la cual se combina con las impurezas para formar la escoria. La chatarra de acero, que constituye alrededor del 50 % de la carga total, se carga en frío; el arrabio se carga en lingotes o todavía fundido. Un horno Siemens convencional se muestra en la figura 1.3.



**Fig. 1.3 Homo Siemens-Martin**

Las ventajas que representa el horno Siemens son:

- Pueden utilizar cargas metálicas con composiciones muy variadas, por lo general se utilizaba 70% chatarra y 30% fundición.
- La calidad del acero obtenido es mejor que en el convertidor Bessemer.

### C) PROCESO LD.

Este proceso, que comenzó a desarrollarse a mediados del siglo XX, adquirió en poco tiempo una importancia extraordinaria. En el año 1975, el 60 % de la producción mundial de acero ha sido fabricado por este procedimiento.

Es un ejemplo importante del empleo (directo) del oxígeno en la fabricación del hierro y acero. Se cargan en el horno la chatarra de acero, el arrabio líquido y los materiales formadores de escoria y después se hace pasar una corriente de oxígeno por encima de la superficie del baño. Algunas impurezas se oxidan directamente, mientras otras se eliminan por medio de la escoria activa que se forma rápidamente. Unos 30 minutos más tarde la carga está en condiciones de ser colada. Los convertidores LD tienen forma de crisol con el fondo cerrado. En su zona central suelen llevar un anillo metálico de refuerzo en el que está colocado el eje que se apoya en los cojinetes. Puede girar 360° y colocarse en cada momento del proceso en la posición deseada. Las características de un convertidor LD se ilustran en la figura 1.4.

El procedimiento tiene las siguientes ventajas:

- La calidad del acero fabricado con oxígeno es mucho mejor que la del acero Bessemer. Es sensiblemente del mismo orden de calidad que la de los aceros Siemens y se aproxima a la de los aceros eléctricos.
- El costo completo de una acería con convertidores LD es muy inferior al de otra con hornos Siemens.

CONVERTIDOR QUE OPERA EN POSICION VERTICAL



Fig. 1.4 Convertidor LD

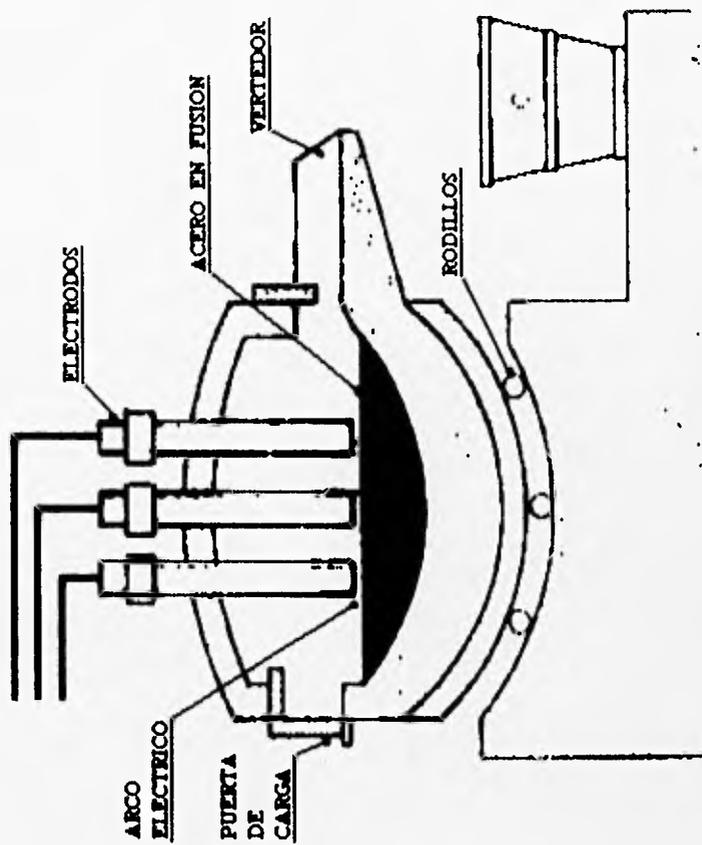
## D) PROCESO ELÉCTRICO.

El horno eléctrico se usa para la fabricación de aceros aleados y no aleados; tiene la forma de una tetera, el horno se monta en balancines a fin de poder inclinarlo y descargar el acero fundido. En la parte superior de la bóveda contiene tres perforaciones por donde se introducen igual número de electrodos de carbón o grafito.

La energía eléctrica produce un arco entre los electrodos y la carga o solo entre los electrodos, con la consecuente generación de calor. La carga del horno consiste de arrabio o hierro esponja, según sea el tipo de la siderúrgica ( el arrabio se puede introducir al horno en estado líquido o sólido en forma de lingotes; el hierro esponja siempre se introduce en estado sólido ), chatarra seleccionada, materiales fundentes ( caliza y arcilla ). Las partes que constituyen un horno de arco eléctrico se muestran en la figura 1.5

Los hornos de arco, de acuerdo con la clase de revestimiento empleado, se clasifican en dos grupos:

- a) Hornos básico, que son los más importantes y también los más empleados para fabricar aceros de calidad.
- b) Hornos ácidos, se emplean mucho menos que los anteriores y se usan casi exclusivamente para fabricar piezas de acero moldeado.



**Fig. 1.5 Homo electrico de arco**

Las principales ventajas que presenta el horno de arco eléctrico son las siguientes:

- Su instalación es mucho más sencilla y menos costosa.
- El aprovechamiento de materias primas es más libre y relativamente más sencillo.
- El horno se carga con chatarra, que puede adquirirse en mercados diversos.
- Los hornos son del tipo basculante y permiten la fácil extracción de la escoria.
- Debido a la ausencia de volúmenes excesivos de aire y de gases de combustión, la instalación para limpieza de polvos es relativamente compacta aunque necesaria.

Este proceso por ser el más utilizado y con los mejores resultados, será el tipo de horno que se empleara en el trabajo. Los detalles más específicos de su operación, características y demás parámetros eléctricos de operación, serán citados más adelante.

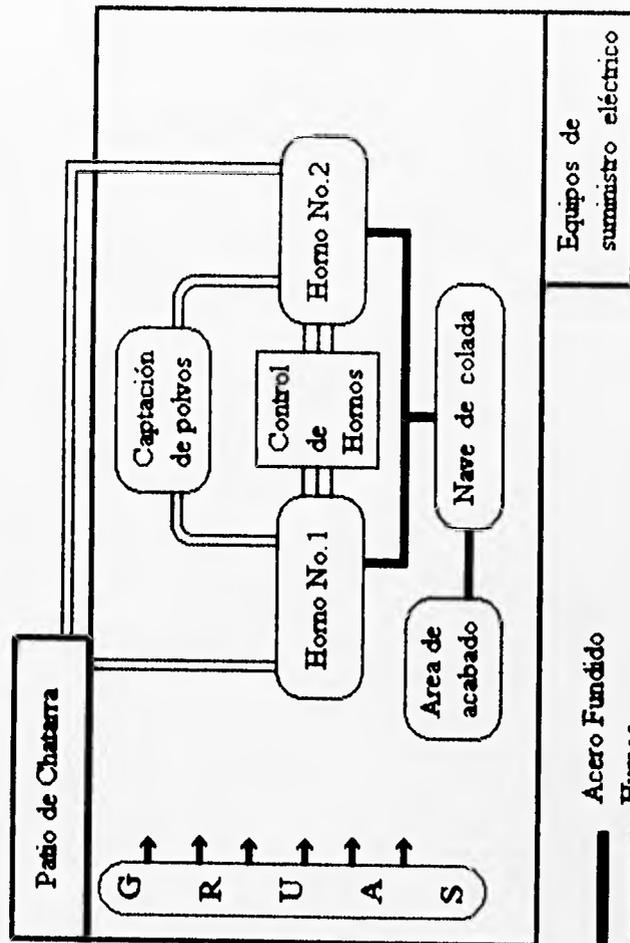
#### 1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA.

La distribución o disposición de los equipos ( instalaciones, maquinas, etc. ) y áreas de trabajo, es un problema ineludible para todas las plantas industriales, e implica la ordenación física de sus componentes. Esta ordenación ya aplicada o en proyecto, incluye, todos los espacios necesarios para el movimiento de los materiales, almacenamiento, personal de la planta, etc.

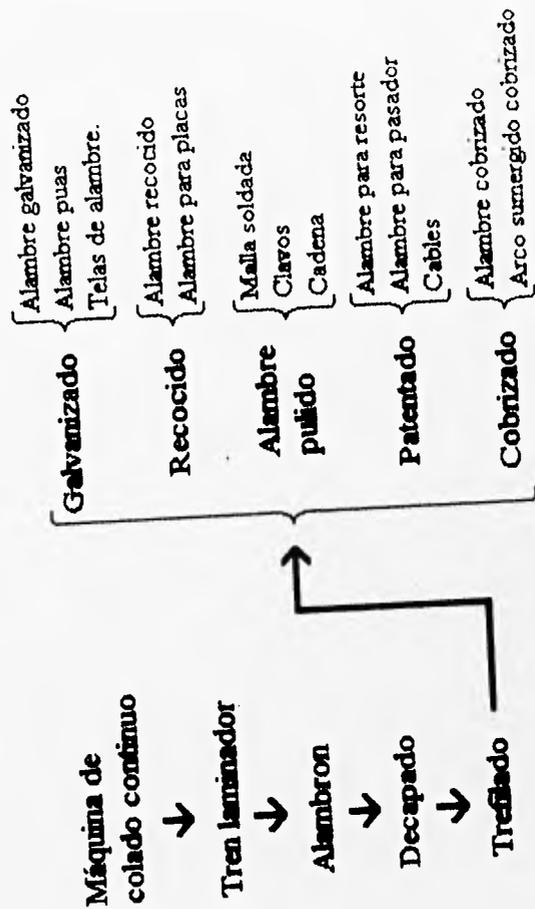
Las acerías, suelen estar constituidas por una nave principal y otras pequeñas auxiliares. En la principal se encuentran instaladas los hornos y las áreas de colada, la nave debe ser de suficiente altura para instalar grúas, para la colada del acero, maniobra de carga de materias primas ( chatarra, fierro esponja, lingoteras, etc. ), montaje de equipo para la operación del horno y actividades en general.

Los equipos de suministro eléctrico, deben estar colocados en una nave auxiliar, con el suficiente espacio para permitir las maniobras del personal encargado de su operación, así como para alojar los sistemas de alimentación y protección eléctrica. Los elementos de control, también están localizados en las naves auxiliares; esto, además de permitir un acceso y operación viable de los equipos, los protege de los efectos nocivos resultantes de la operación de la planta ( polvos, vibraciones, etc.). La figura 1.6 muestra la disposición de los sectores en la nave. La planta además cuenta con áreas destinadas para el almacenamiento de materias primas, ( patio de chatarra ), aquí se selecciona la chatarra que va a entrar al horno, esta selección esta en función a la calidad del acero que se desea producir.

Otra área importantes para el proceso, es la destinada a la recolección de polvos resultantes de la operación de la planta, es vital cubrir los requisitos que la ley nos marca en cuestiones ambientales. Y finalmente el área destinada a los acabados, la cual engloba los productos que se describen en la figura 1.6 b, la secuencia de procesos necesarios para obtener los distintos productos se exponen en la misma. En la figura 1.7 muestra la secuencia para los distintos procesos acereros en cada uno de sus categorías..



**FIG. 1.6 DISPOSICION DE AREAS EN LA NAVE**



**Fig. 1.6 b Productos derivados del proceso acero.**



# C A P Í T U L O    2

## FUNCIONES BÁSICAS DE CADA DEPARTAMENTO

### 2.1 DEFINICIONES

El amplio campo que abarca el mantenimiento incluye varios factores, características y clasificaciones, las cuales se describen a continuación:

**Mantenimiento.** Consiste en conservar en buen estado las partes que conforman un equipo o sistema determinado, así como cada uno de los elementos del mismo, lo cual redundará en su confiable, eficiente y óptima operación; dentro de los límites de seguridad más amplios y sobre todo costeables.

**Consideraciones de mantenimiento.** Las máquinas, equipos y sistemas se deterioran sin que sea posible evitarlo; no obstante, la administración debe contemplar este aspecto; sobre todo desde el punto de vista de la producción, de tal forma que mantenga la confiabilidad del sistema productivo a niveles razonables. Las principales retribuciones que dan como resultado de la administración adecuada, son las siguientes:

- Disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economías y beneficios para los clientes, debido a menos paros imprevistos.
- Menor número de reparaciones en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y del equipo.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación del equipo.
- Mayor seguridad para los trabajadores y mejor protección para la planta.

### **2.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

La conservación planeada del equipo y máquinas, de los activos fijos y de las instalaciones de la fábrica, todo ello como resultado de las inspecciones periódicas que permiten anteponerse a las fallas y al mismo tiempo descubrir condiciones inseguras en las instalaciones. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva del equipo en general.

### **2.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Es aquel servicio que se proporciona a los equipos operativos en el momento en que ocurre la falla o cuando este por suceder y pone en peligro la seguridad, tanto del personal como del equipo. Este tipo de mantenimiento es el más costoso, ya que puede implicar servicios externos debido a la gravedad de la falla.

### **2.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

Este tipo de mantenimiento consiste en que por medio de los equipos, aparatos o instalaciones de medición, detecta las fallas en los sistemas de producción y de control. Esta operación la desarrolla el personal encargado de la revisión periódica de estos, con previa capacitación.

## 2.2 EQUIPOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.

Los equipos de suministro eléctrico, son los destinados a proporcionar la energía necesaria para la operación de las diferentes áreas en la nave. Su importancia es fundamental, ya que uno de los motivos de falla, son estos sistemas.

La duración en la vida de un equipo o de una instalación, es el tiempo por el cual está en condiciones de ofrecer la eficiencia funcional, de manera que opere correctamente desde el punto de vista técnico, que el número de fallas que se presenten sea el menor posible o que las reparaciones que sean necesarias no resulten costosas comparativamente con el costo del equipo o de la instalación.

Dentro del término eficiencia en el funcionamiento, se engloban algunos objetivos que se deben contemplar:

- **Garantizar una suficiente continuidad en el suministro de la energía.**
- **Mantener dentro de los límites tolerables algunos parámetros (regulación de tensión adecuada y frecuencia).**
- **Estar en grado de proporcionar una protección selectiva en caso de falla de manera que solo quede fuera de servicio la parte en falla.**
- **Garantizar una protección suficiente contra los peligros de la electricidad (contactos accidentales de las personas con partes normalmente en tensión o con partes normalmente aisladas, pero que pueden quedar en tensión por fallas en el aislamiento o por otras causas, peligro de incendio, etc.)**

Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica ( tensión y corriente ), proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema.

Siempre es conveniente tener una idea de cuáles son los principales componentes que constituyen una subestación eléctrica, así como la función que desempeñan dentro de los sistemas, con el objeto de analizar con mayor propiedad las características más importantes para una aplicación específica. Los principales elementos de una subestación eléctrica son:

- Transformadores de potencia.
- Interruptores.
- Transformadores de instrumento.
- Cuchillas desconectadoras.
- Barras de conexión ( buses ).
- Apartarrayos.
- Aisladores.
- Conexión a tierra.
- Tablero de control y medición.

## 2.2.1 TRANSFORMADOR.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, a energía eléctrica alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético.

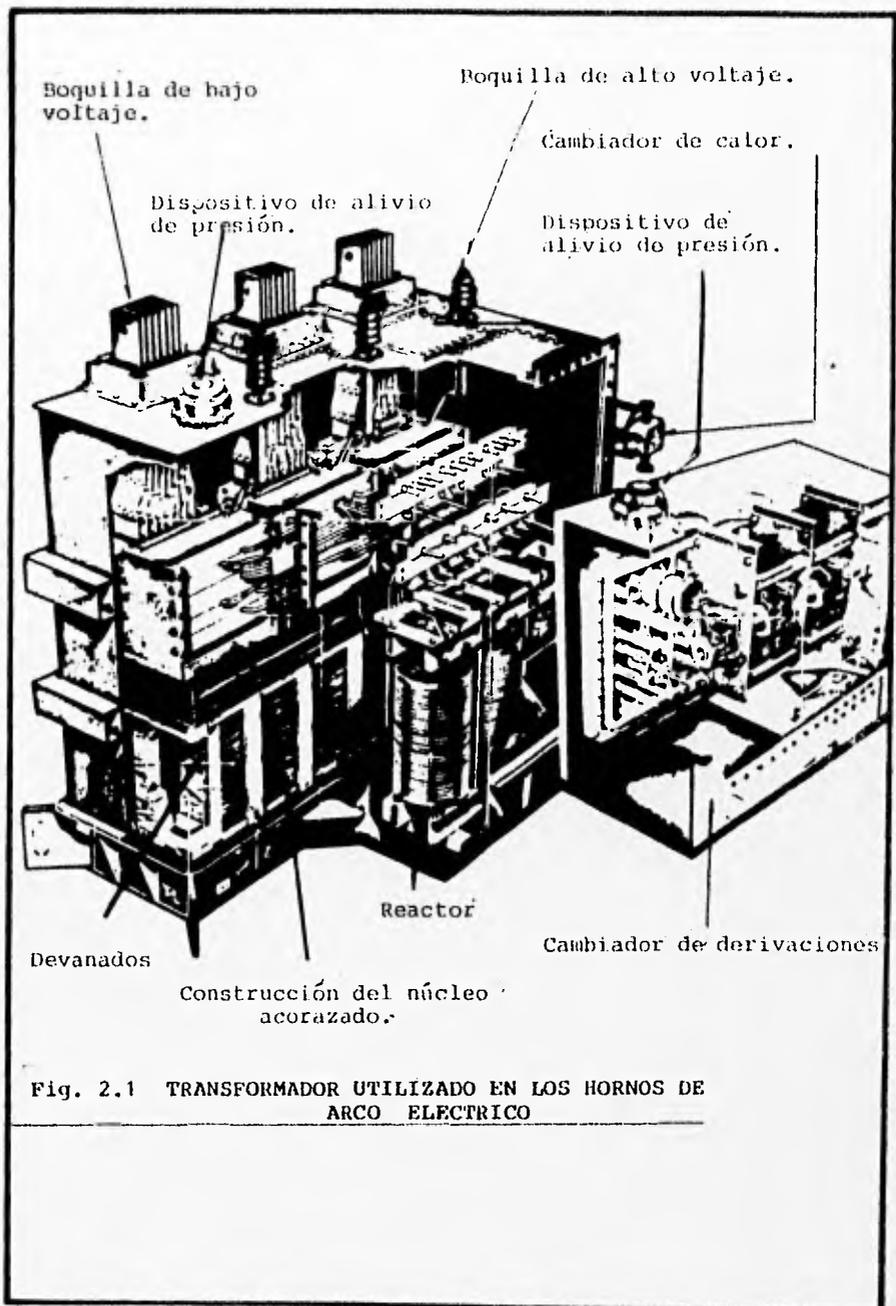
El transformador es un dispositivo que:

- Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- Lo hace bajo el principio de inducción magnética.
- Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

Las principales partes que constituyen un transformador de potencia son:

- Núcleo magnético.
- Los devanados.
- El conmutador o cambiador de derivaciones ( taps ) en vacío o bajo carga.
- El tanque.
- Los dispositivos de enfriamiento.
- Las boquillas
- Placa de características

Los transformadores en función al tipo de enfriamiento y referidas a las recomendaciones por la Comisión Internacional de Electrotecnia se subdividen como sigue:



Transformadores tipo seco.

- Con enfriamiento por aire natural.
- Con circulación forzada del aire en el exterior por medio de ventiladores.
- Circulación forzada de aire en el núcleo y en los devanados.

Transformadores en Aceite.

- Circulación natural del aceite y del aire ( tipo OA ).
- Circulación natural del aceite y circulación forzada de aire ( tipo OA/FA ).
- Circulación forzada del aceite y circulación natural del aire.
- Circulación forzada del aceite y circulación forzada del aire ( tipo FOA ).
- Circulación forzada del aceite y la circulación forzada del agua ( tipo FOW ).
- Circulación forzada del agua ( tipo FW ).

## 2.2.2 INTERRUPTORES.

Los interruptores son los elementos cuya función es desconectar los circuitos bajo condiciones de corriente normal, vacío o corto circuito, es decir, con condiciones normales o anormales. Son el medio por el cual se consigue separar los contactos móviles de los fijos y dar la separación para romper el arco eléctrico.

Los procedimientos de extinción del arco eléctrico son los siguientes:

- Alargamiento y enfriamiento del arco.
- Auto extinción del arco.

También entre los interruptores se consideran los limite, estos son los encargados de abrir los circuitos eléctricos de control, la ilustración muestra las partes de uno comúnmente utilizado.

### 2.2.2.1 MÉTODOS DE EXTINCIÓN DEL ARCO.

Cuando los contactos de un interruptor se abren, es necesario favorecer la extinción del arco inmediatamente después de la recuperación del aislamiento ( rigidez dieléctrica ) entre los contactos, mismos de manera que la rigidez dieléctrica entre estos sea superior a la tensión de restablecimiento. Para facilitar la extinción del arco se busca aumentar artificialmente la separación y disminuir la temperatura.

#### INTERRUPCIÓN EN ACEITE.

Cuando el medio en el cual se presenta la interrupción está constituido por aceite mineral, los fenómenos que se verifican en el instante en el cual el contacto móvil se aleja del contacto fijo, son una extinción y enfriamiento del arco entre los contactos.

**Interruptores de gran volumen de aceite.** Este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco. Al pasar la onda de corriente por cero se extingue.

**Interruptores pequeño volumen de aceite.** La mayoría de estos interruptores utilizan cámaras de extinción de soplos cruzados. Cuando el arco se presenta entre los contactos, el aceite se desintegra primeramente en gas de hidrógeno, originando una presión alta, la única salida que se presenta a este gas es por medio de unas ranuras que están paralelas a la formación del arco.

## INTERRUPCIÓN EN AIRE COMPRIMIDO.

Esta interrupción se realiza aplicando al arco eléctrico una fuerte inyección de aire comprimido de manera que el arco mismo se alarga y se enfría en una forma muy eficaz, se sustituyen los gases resultantes para recuperar las características dieléctricas entre los contactos.

**Interruptor de aire comprimido.** Para este caso, el poder de ruptura aumenta casi proporcionalmente a la presión del aire inyectado. Como ocurre en general con todos los gases a presión, el aire comprimido posee una rigidez dieléctrica y propiedades térmicas muy superiores a las del aire a presión atmosférica.

**Interruptor de vacío.** Los contactos se separan en una cámara hermética donde se ha hecho el vacío. Las características dieléctricas del vacío se deben a que la ausencia de moléculas de gas elimina en principio la posibilidad de ionización.

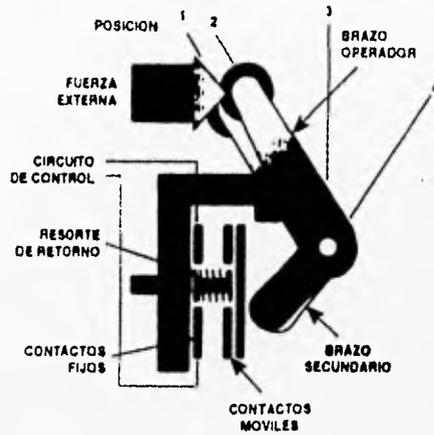
## INTERRUPCIÓN EN HEXAFLORURO DE AZUFRE ( SF<sub>6</sub> ).

El Hexafloruro de azufre es un gas incoloro e inodoro, con una densidad 5 veces mayor que la del aire, posee características particulares para la extinción del arco, las cuales se mencionan a continuación:

- Un elevado valor de rigidez dieléctrica.
- Una elevada velocidad de recuperación de la rigidez dieléctrica cuando se pierde durante a interrupción a causa del arco eléctrico.
- Operación óptima en interruptores de 20 KV. en adelante.

**Interruptor en Hexafloruro de Azufre (SF<sub>6</sub>).** Cuenta con una cámara de extinción donde se encuentran los contactos fijos y móviles. El principio de operación es parecido al mencionado en un principio.

### INTERRUPTOR DE LIMITE - CONTACTOS ABIERTOS



### INTERRUPTOR DE LIMITE - CONTACTOS CERRADOS

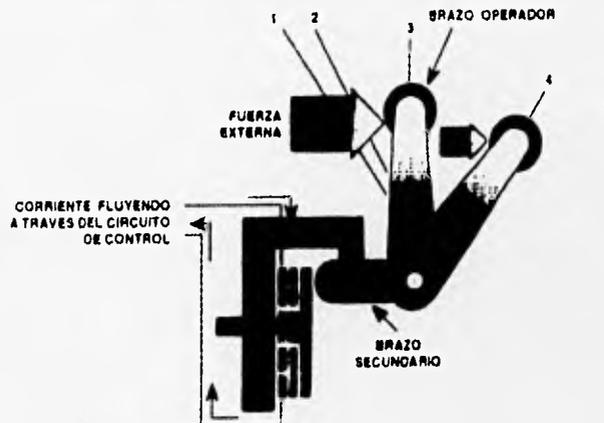
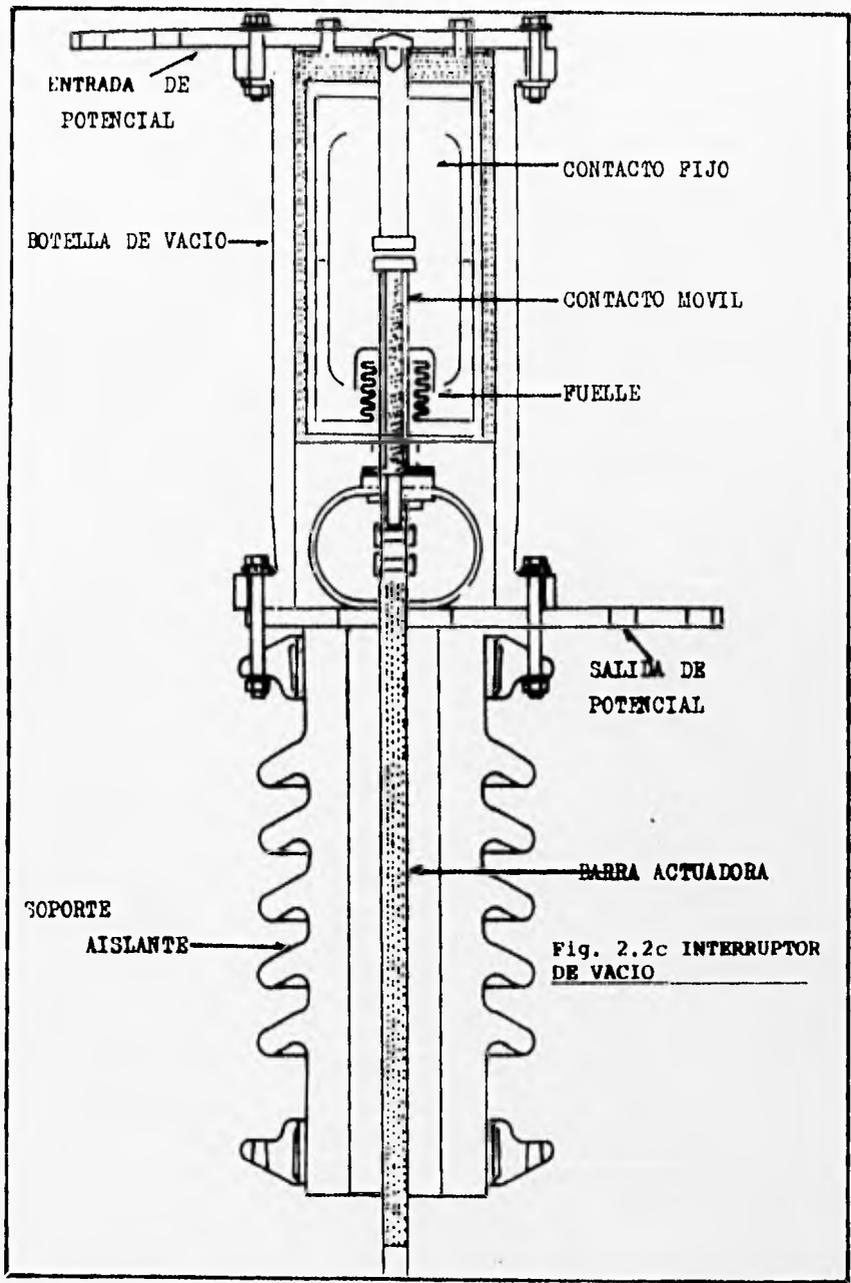


Fig. 2.2 a PARTES PRINCIPALES DE UN INTERRUPTOR LIMITE.



Fig. 2.2 b INTERRUPTOR LIMITE CUTLER HAMMER.



ENTRADA DE POTENCIAL

BOTELLA DE VACIO

CONTACTO FIJO

CONTACTO MOVIL

FUELLE

SALIDA DE POTENCIAL

BARRA ACTUADORA

SOPORTE AISLANTE

Fig. 2.2c INTERRUPTOR DE VACIO

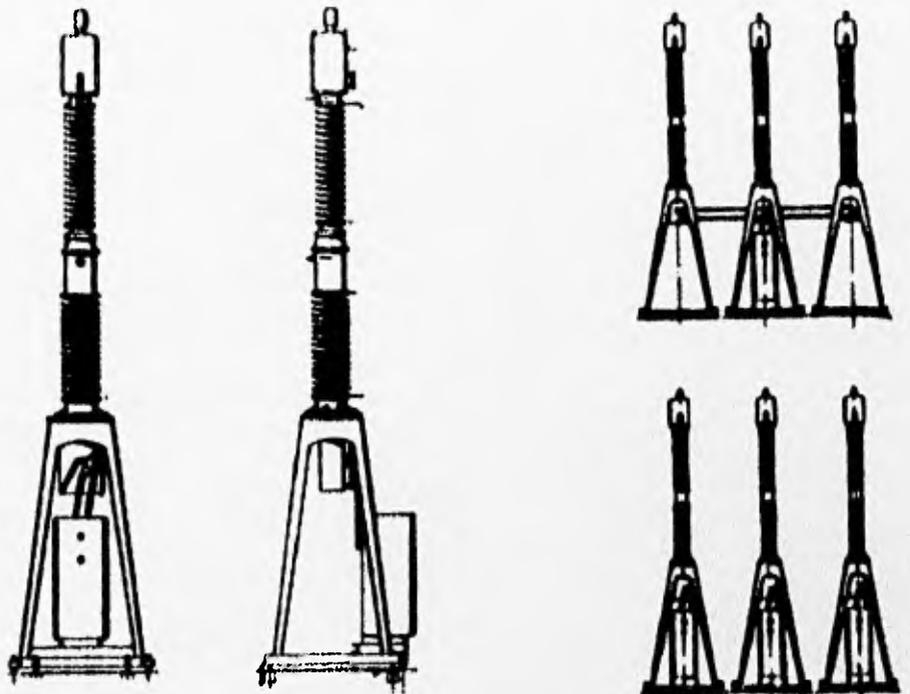


FIG. 2.2D INTERRUPTOR DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.

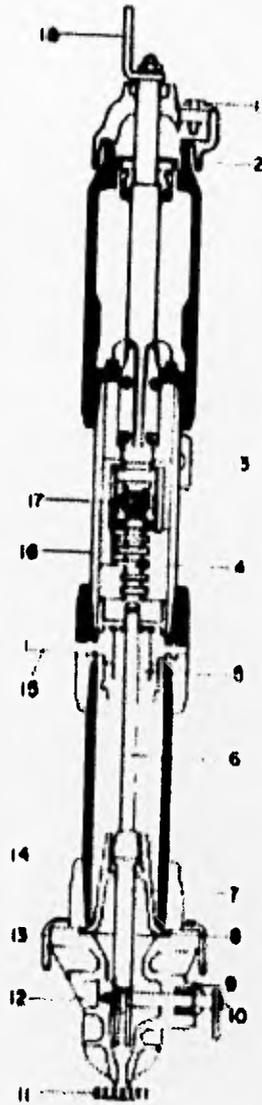


Fig. 2.2 e INTERRUPTOR DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.

## INTERRUPTOR DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.

1. Escape de gases.
2. Columna aislante.
3. Indicador de nivel de aceite.
4. Cámara de interrupción.
5. Contacto de corrimiento.
6. Contacto móvil.
7. Vástago aislante.
8. Guarnición.
9. Guarnición.
10. Comando del polo.
11. Tapón de descarga de aceite.
12. Contenedor de aceite.
13. base de soporte.
14. Guía de amortiguador.
15. Conexión inferior al interruptor.
16. Cilindro aislante.
17. Contacto fijo.
18. Conexión superior al interruptor.

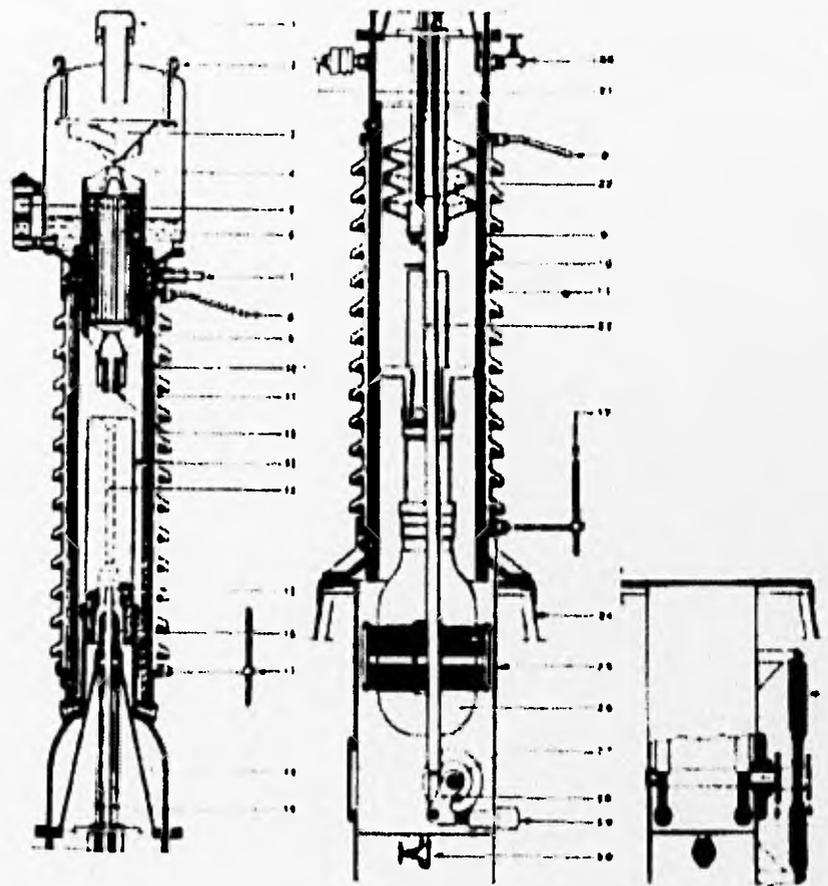
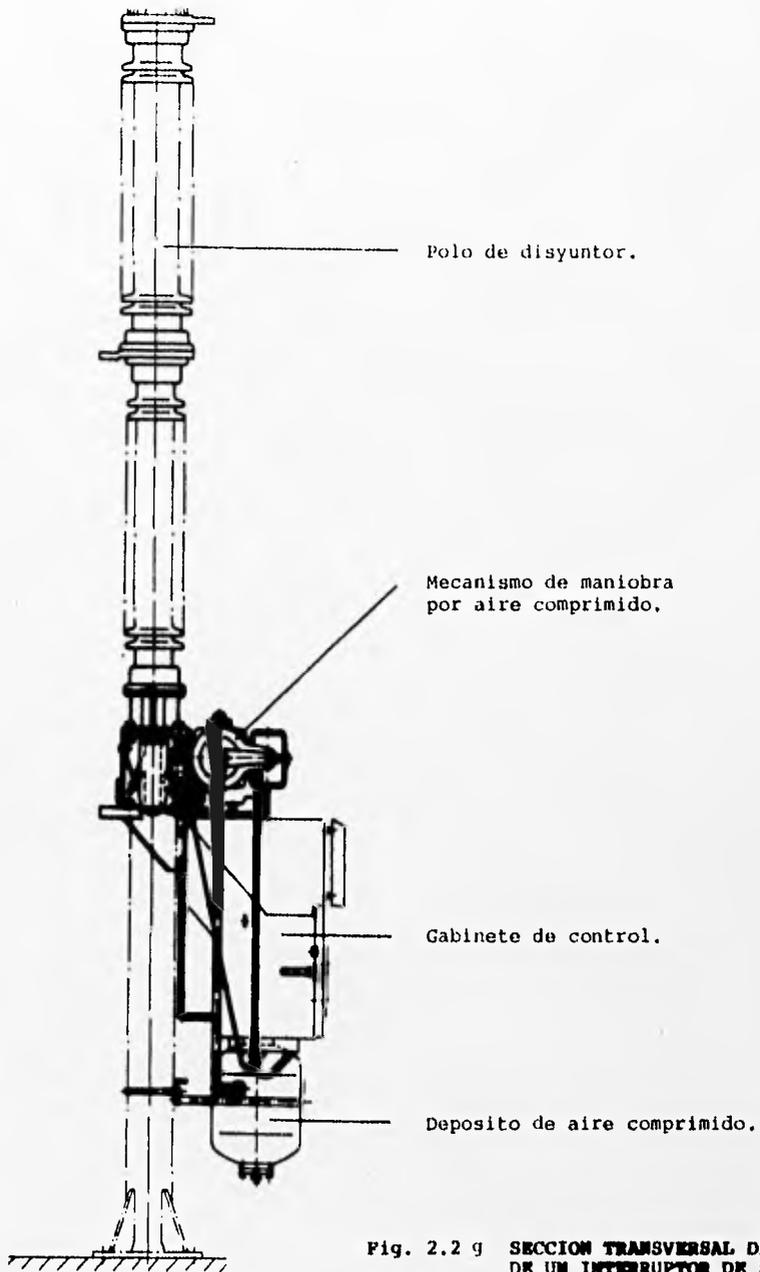
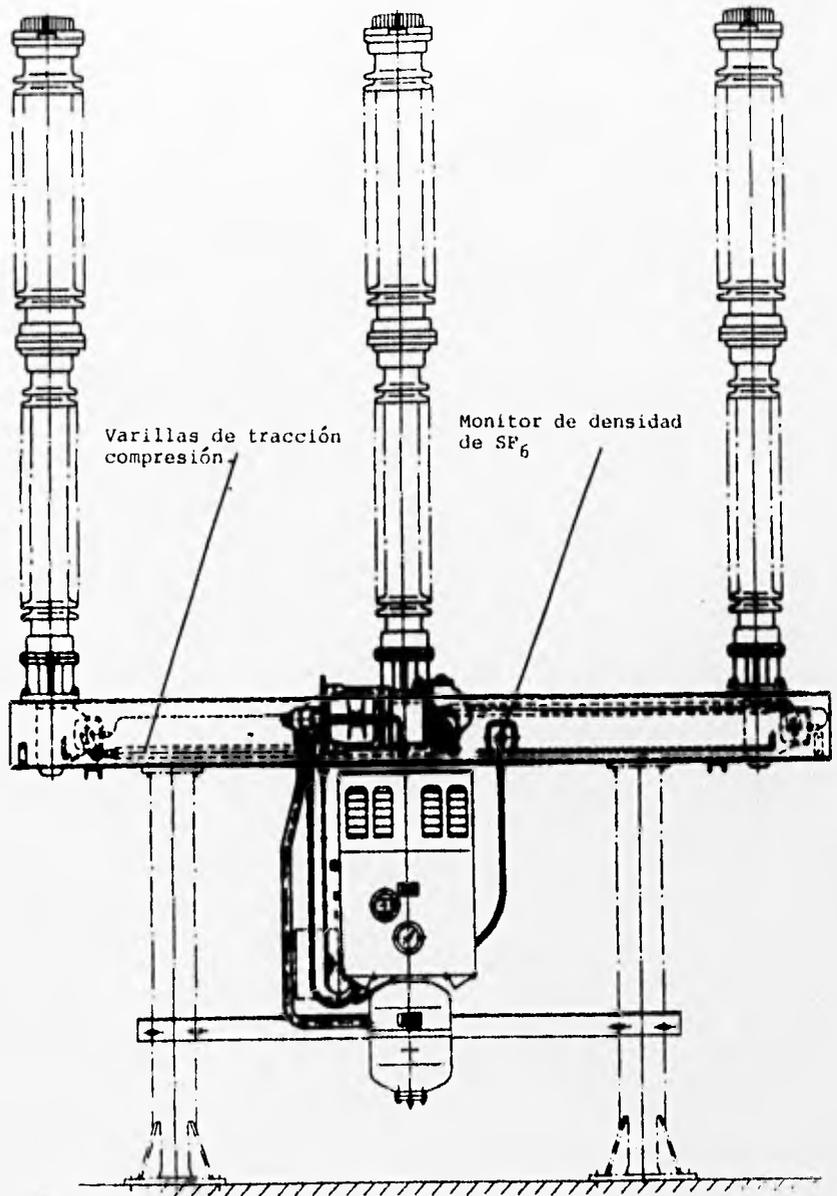


Fig. 2.2 f seccion de un interruptor de aceite.

## **INTERRUPTOR DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.**

1. Descarga de gases.
2. Ganchos de sujeción del semipolo superior.
3. Deflector centrifugo.
4. Cámara de expansión.
5. Indicador de nivel de aceite.
6. Radiador de enfriamiento.
7. Terminal superior.
8. Gap o cuerno de arqueo superior (descarga externa).
9. Cilindro aislante.
10. Aislador de porcelana.
11. Capa entre cilindro 9 y cilindro 10.
12. Contacto fijo superior tipo tulipán.
13. Cámara de expansión.
14. Canal de corrimiento central para el contacto móvil.
15. Contacto móvil.
16. Contacto fijo inferior.
17. Cuerno de arqueo o Gap inferior.
18. Cámara de recolección de los residuos carbónicos
19. Guía de contacto móvil.
20. Llave para la descarga de aceite.
21. Terminal inferior.
22. Dispositivo tipo pantógrafo.
23. Vástago aislante.
24. Caballete superior.
25. Caja de base.
26. Transformador de corriente.
27. Árbol de mando.
28. Brazo de mando.
29. Ajuste fijo regulable.
30. Válvula de salida.
31. Resorte de apertura.
32. Ajuste de árbol de comando.





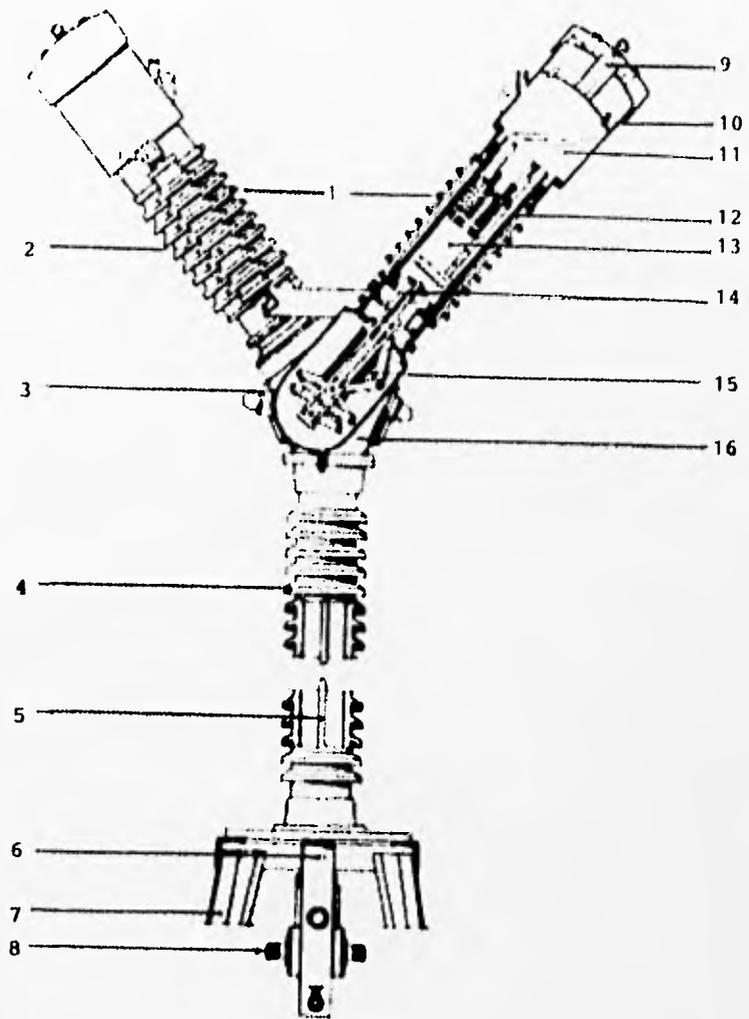


Fig. 2.2 h INTERRUPTOR EN HEXAFLORURO DE AZUFRE ( $SF_6$ ).

## INTERRUPTOR EN HEXAFLORURO DE AZUFRE SF<sub>6</sub>.

1. Unidad de interrupción.
2. Capacitor de repartición.
3. Sistema de acondicionamiento tipo pantógrafo.
4. Aislador soporte.
5. Varilla aislante.
6. Caja inferior.
7. Estructura soporte.
8. Árbol motor.
9. Descarga de gas.
10. Defector centrifugo.
11. Cámara de expansión.
12. Contacto fijo.
13. Cámara de expansión.
14. Contacto móvil.
15. Resortes de apertura.
16. Caja superior.

### 2.2.3 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO.

Los elementos encargados de acondicionar las señales eléctricas (voltaje y corriente), para poder realizar las etapas de medición y protección en los sistemas de potencia, son los transformadores de instrumento. Los transformadores utilizados son de dos tipos principalmente:

**Transformador de potencial.** Estos se emplean para medición y/o protección; su nombre se debe a que la cantidad principal por variar es la tensión, o sea que permiten reducir un voltaje de un valor que puede ser muy alto, a un valor utilizado por los instrumentos de medición o protección ( generalmente 85 KV. / 120 V y 20 KV. / 120 V).

**Transformador de corriente.** Estos instrumentos son los encargados de transformar o cambiar un valor de corriente a otro que permita la alimentación de instrumentos y que por lo general es de 5 amperes según normas, proporcionando el aislamiento necesario en la tensión (1200 / 5 amp. y 550 / 5 amp.).

Como ya se ha indicado, los transformadores TP y TC tienen su utilización principalmente en la alimentación de instrumentos de medición y protección, para lo cual se tienen ya recomendaciones establecidas por las normas y por los fabricantes, en donde se indican las aplicaciones más adecuadas en función del tipo de servicio a prestar. Las especificaciones de las normas citadas será vistas más adelante.

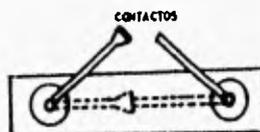
## 2.2.4 CUCHILLAS DESCONECTADORAS

Son dispositivos de maniobra capaces de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito, pueden ser maniobrables bajo tensión, pero en general sin corriente ya que poseen una capacidad interrumpida casi nula. Su empleo es necesario en los sistemas ya que debe existir seguridad en el aislamiento físico de los circuitos antes de realizar cualquier trabajo y para los cuales la presencia de un interruptor no es suficiente para garantizar un aislamiento eléctrico.

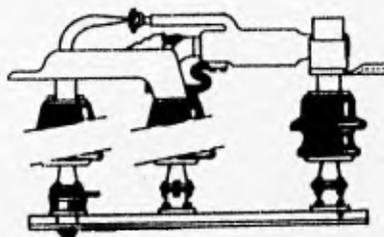
Las cuchillas desconectadoras se clasifican en:

- A. Cuchillas Unipolares. En este selector, la posición cerrada la navaja se encuentra insertada en un contacto que esta a presión asegurando fuertemente la navaja para garantizar un buen contacto eléctrico.
- B. Cuchillas tripolares. Son básicamente el mismo tipo de cuchillas unipolares, pero el mando es tal que se accionan las tres fases simultáneamente.
- C. Cuchilla de rotación. Estas pueden tener un perno control o bien con interrupción simple, doble y triple.
- D. Cuchilla de apertura vertical. En estas cuchillas se tiene un giro del orden de  $110^\circ$  de la columna central del aislador, la apertura se realiza en dos tiempos por medio de un giro de  $60^\circ$  de la cuchilla, que gira sobre su propio eje y un movimiento vertical de la otra navaja en forma propia.
- E. Cuchilla tipo pantógrafo. Se construyen en general del tipo monopolar siendo su elementos de conexión del tipo pantógrafo, el cierre del circuito se obtiene levantando el contacto móvil que se encuentra sobre el pantógrafo.

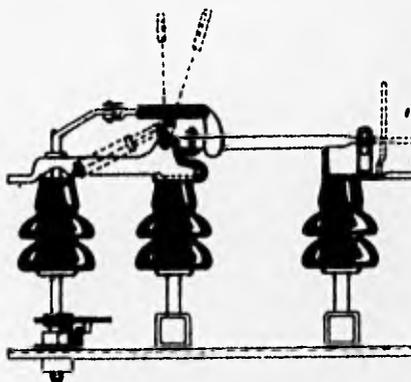
Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio.



CUCHILLAS TIPO A. V.



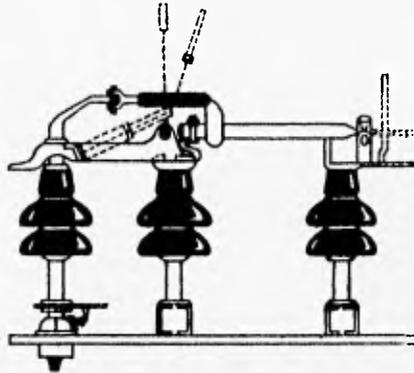
Cuchillas de 7.5 KV a 34.5 KV  
de 2000 y 3000 Amperes



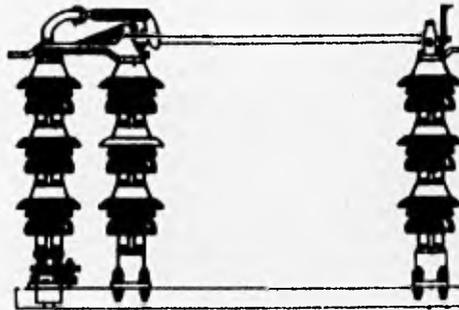
Cuchillas de 7.5 a 25 KV  
400 a 1500 Amperes

**Fig. 2.3 a CUCHILLAS TRIPOLARES PARA ALTA TENSION.**

**CUCHILLAS DE OPERACIÓN VERTICAL CON BRAZO HORIZONTAL**



**24.5 a 69 KV 400-1200 Amper**

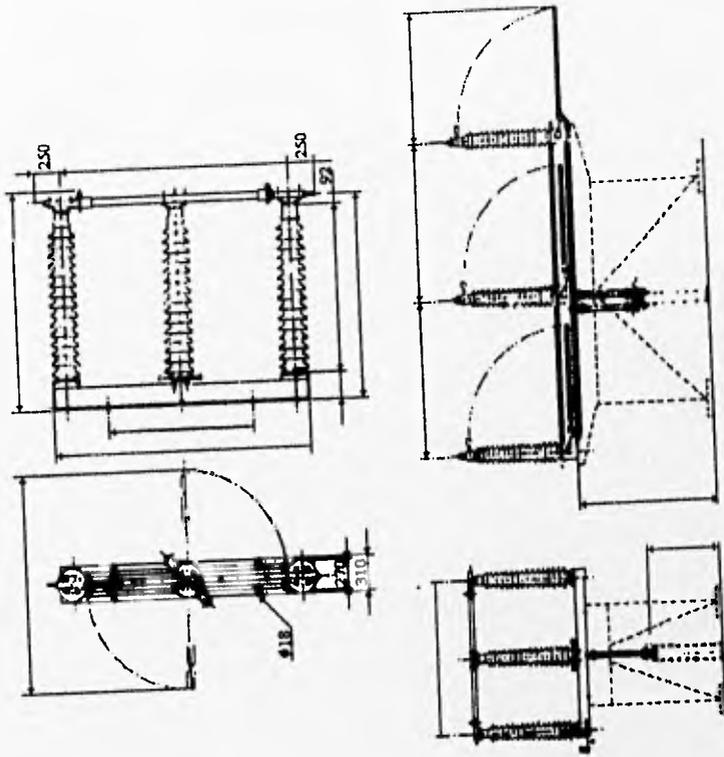


**115 a 161 KV 400-1200 Amper**

**Fig. 2.3 b CUCHILLAS TRIPOLARES**

**TESIS**

**COMPLETA**



**FIG. 2.3 c CUCHILLAS PARA SUBESTACION PRINCIPAL**

Para la mayoría de los tipos de cuchillas mencionadas antes se tienen básicamente las siguientes formas de accionamiento.

- Manual directo o con pértiga.
- Operación manual en grupo.
- Control remoto accionado por motores eléctricos en forma neumática.

## 2.2.5 AISLADORES

Los aisladores en las subestaciones eléctricas se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y conductores, existen básicamente dos tipos:

- Soporte. A base de montaje en alfiler de acero con rosca recubierta de plomo o simple sujeción a base de tornillo según sea la tensión de operación.
- Suspensión o tipo cadena..

El empleo de cada uno de estos tipos, esta sujeto al elemento conductor usado en el sistema de barras de la instalación.

## 2.2.6 MOTORES ELÉCTRICOS

Una máquina eléctrica es un artefacto que puede convertir bien sea energía eléctrica en energía mecánica o bien energía mecánica en energía eléctrica. Cuando tal máquina se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica, se le denomina *generador*. Cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica, se llama *motor*.

Cualquier elemento de los equipos eléctricos trabajará mejor, durará más y necesitará menos mantenimiento si se le conserva limpio y correctamente lubricado. Esto es un hecho indiscutible y en máquinas que giran, como los motores, tiene particular exactitud.

### MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA (CA.).

Los motores eléctricos son máquinas que convierten la energía eléctrica de ca. en energía mecánica. Las máquinas de ca. siempre tienen sus devanados de armadura en el estator y los devanados de excitación en el rotor. En las máquinas de ca., el campo magnético creado por los conductores del rotor es giratorio e induce en los devanados de la armadura, ubicados en el estator, un sistema trifásico de voltajes de ca.. Recíprocamente, un sistema trifásico de corrientes circulando por los arrollamientos de armadura produce un campo magnético giratorio, el cual interactúa con el campo magnético del rotor produciendo un par en el eje de la máquina. Estos dos efectos corresponden a la acción generadora y motora de las máquinas ca.. Hay dos tipos grandes grupos de máquinas de ca., que son:

**Las máquinas sincrónicas.** Son motores y generadores cuya corriente de campo es suministrada desde el exterior por una fuente de potencia de cc.

**Las máquinas de inducción.** Son motores y generadores cuya corriente de campo se obtiene por inducción magnética ( acción transformadora ) en sus devanados de excitación.

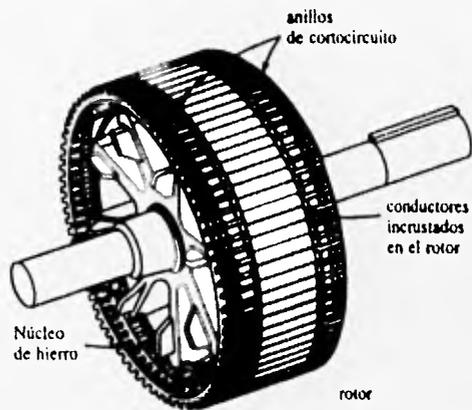


Fig. 2.4 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE MAQUINA DE CA.

## MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA ( CC )

La mayor parte de las máquinas de cc se asemejan a las máquinas de ca. en que tiene voltajes y corrientes de ca. que les circulan por su interior; producen cc sólo a la salida, por que hay un mecanismo que convierte el voltaje interior de ca. en voltaje de cc en sus terminales. Como este mecanismo se llama colector, la máquina cc también se conoce como maquinaria de colector.

**Generador con excitación externa.** Es un generador con excitación externa, el flujo de campo se origina en una fuente de potencia externa, independiente del generador en si mismo.

**Generador en derivación (shunt).** En el generador en derivación se provee el flujo conectando el circuito de campo directamente a través de las terminales del generador

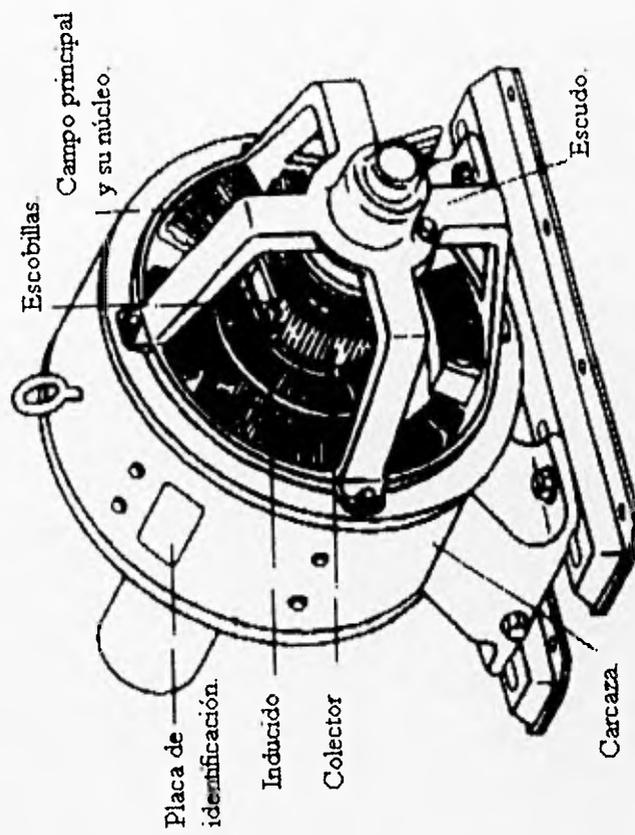
**Generador serie.** En un generador serie, el flujo de campo se produce conectando el circuito de campo serie, con el inducido del generador.

**Generador compuesto acumulativo.** En este tipo de generador, tanto el campo en derivación como el campo en serie están presentes y sus efectos se suman.

**Generador compuesto diferencial.** En éste, tanto el campo en derivación como el campo en serie se encuentran presentes, pero sus efectos se restan.

Existen cinco tipos principales de motores de cc de uso general.

**Motor de cc con excitación externa.** Es aquel cuyo circuito de campo lo abastece una fuente de alimentación de voltaje constante.



**Fig. 2.4 a Diagrama simplificado de una máquina de CC.**

**Motor de cc en derivación.** Es aquel cuyo circuito de campo obtiene su potencia directamente a través de las terminales del inducido del motor.

**Motor de cc de imán permanente.** Es uno cuyos polos están hechos de imanes permanentes, no requiere circuito de campo externo.

**Motor de cc serie.** Es aquel que sus embobinados de campo constan de, relativamente pocas vueltas conectadas en serie con el circuito inducido.

**Motor de cc de excitación compuesta.** Tiene un campo en derivación y uno en serie.

## MOTORES MONOFÁSICOS

El principal problema relacionado con el diseño de estos motores es que, a diferencia de las fuentes de potencia trifásicas, una fuente monofásica no produce un campo magnético giratorio. En cambio, el campo magnético producido por una fuente monofásica permanece en posición estacionaria y pulsa con el tiempo. Existen dos tipos principales de motores monofásicos:

**Motor universal.** Puede operar con cc y ca, ya que cuenta con una conexión serie de polos y estator laminados.

**Motor de inducción monofásico.** Sólo cuenta con un embobinado en el estator (sólo una fase) y el campo magnético en el motor no gira. Aplicaciones en equipo de baja potencia (esmeriladoras, taladros, entre otros.)

## 2.2.7 CONEXIÓN A TIERRA.

La conexión correcta a tierra en el sistema de distribución eléctrica en una planta industrial, es un factor de máxima importancia para la seguridad del personal y equipo eléctrico en la planta.

La conexión a tierra significa conectar todos los bastidores de las máquinas y las cubiertas de los conductores entre sí y luego a tierra. La eficiencia del sistema de conexión a tierra sólo puede apreciarse durante los cortocircuitos. Durante la operación normal del equipo pasa desapercibida; por eso es importante la inspección periódica de estos sistemas.

La corriente que circula durante un cortocircuito es sumamente elevada, si hay falla en la conexión a tierra, la alta corriente regresa por los circuitos que conectan los circuitos a tierra, causando chisporroteo en los alimentadores, incendios, sobrecalentamiento en los conductores y pérdida del aislamiento.

Uno de los sistemas de tierra empleados, son los de malla (fig. 2.5). Este sistema es frecuentemente empleado para subestaciones de compañías suministradoras de energía eléctrica, y en las industrias que consumen la energía, el método consiste en obtener un valor de resistencia de tierra tan bajo como sea posible a fin de asegurar tensiones de paso y de contacto dentro de los límites máximos permisibles por las disposiciones de seguridad. La malla se instala por lo general a una profundidad de 0.5 a 1.0 m. y los electrodos según sea el caso, se pueden enterrar a una profundidad tal que la resistividad para un terreno sea la mínima y tenga poca variación.

Existen varias clasificaciones en los tipos de conductores, que son:

**Conductor de puesta a tierra de partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica.** Es el conductor que se usa para conectar a tierra en el punto requerido las cubiertas metálicas de los equipos, las canalizaciones metálicas y otras partes conductoras que pudieran transportar corrientes indeseables a través de ellas. Se le llama comúnmente Tierra física.

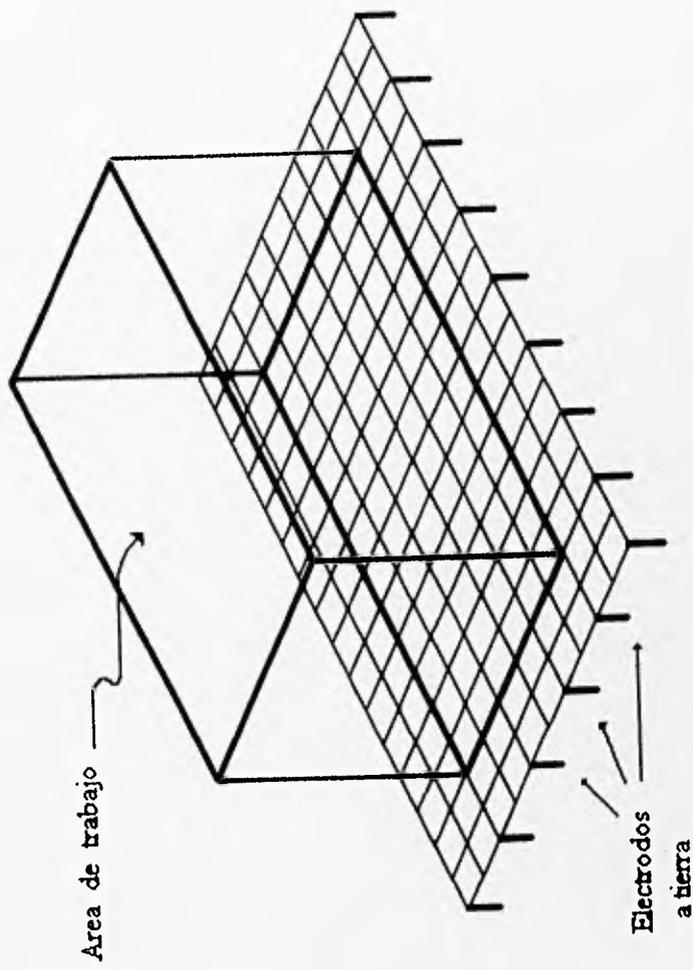
**Conductor puesto a tierra del sistema.** Es el conductor de un circuito o sistema que intencionalmente se conecta a tierra, tal como es el caso del conductor a neutro.

**Conductor del electrodo de puesta a tierra.** Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra a los conductores de puesta a tierra del equipo o al conductor puesto a tierra del sistema. Cuando se trata de instalaciones de tipo industrial es recomendable contar con un sistema de tierras adecuado a la carga. Las ventajas que implica el contar con un adecuado sistema de tierra son las siguientes:

Esto nos proporcionara los siguientes beneficios:

- Reducir el efecto que ocasiona el quemado o fusión del equipo dañado como, por ejemplo, dispositivos de distribución, cables y máquinas rotatorias.
- Reducir los esfuerzos mecánicos en los circuitos y aparatos que conducen corrientes de falla.
- Menos interrupción por falla.
- Reducir los peligros de choques eléctricos al personal, ocasionados por corrientes viajeras, ocasionadas por fallas a tierra, en su recorrido de retorno.
- Reducir la caída momentánea de voltaje en las líneas que puede ser ocasionada por la súbita presencia o eliminación de fugas a tierra.
- Considerables ahorros de energía.

El programa contempla revisiones de los niveles de resistividad en los sistemas, comúnmente se emplea un Megger entre el conductor y neutro; cuando el valor obtenido no es el recomendable, se procede a disminuir la resistividad del terreno mediante un tubo de albañal enterrado (acierta profundidad) y dentro elementos como sales minerales, carbón activado, tierra vegetal, entre otras; y una varilla cooper al calibre necesario.



**Fig 2.5 Sistema de tierras mediante malla y electrodos.**

## 2.2.8 TABLEROS ELÉCTRICOS

En el complejo de una subestación eléctrica donde intervienen los instrumentos de maniobra, medición, control y algunos otros, están localizados los tableros en sus distintas variantes. Los tableros de medición, control y protección se pueden clasificar como:

**Tableros de mando directo.** Instalados generalmente en sistemas eléctricos, conteniendo los dispositivos de medición y protección, generalmente manejando parámetros de 440 Vca, 127 Vca y 5 Amp.

- a) Tableros con el frente de baja tensión.
- b) Tableros con el frente muerto.
- c) Tableros modulares.

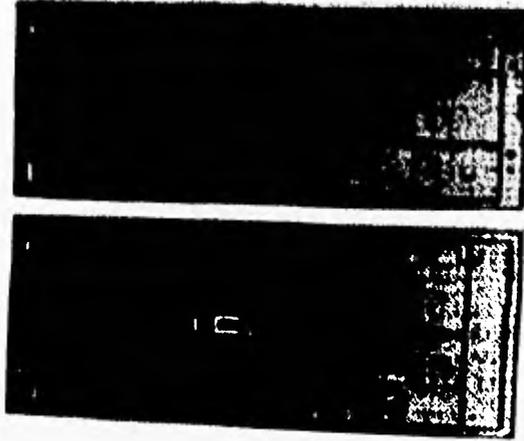
**Tableros de mando a distancia.** Este tipo de tableros son operados por control remoto, por medios eléctricos. El monitoreo es importante en áreas de difícil acceso o etapas del proceso que son necesarias censar.

Los tableros deben estar en buen estado, ya que de su correcta utilización y mando dependerá el óptimo desempeño de las distintas áreas en la planta. Un aspecto también importante que debe considerarse, es la conexión a tierra de las estructuras, con el fin de proporcionar la seguridad para el personal que los opera.

**CENTRO DE MEDICION**



**TABLERO DE DISTRIBUCION  
AUTOSOPORTADOS**



ALGUNOS TIPOS DE TABLEROS DE CONTROL Y MEDICION.



TABLEROS DE CONTROL Y MUERTO.

## 2.3 NAVE DE HORNOS.

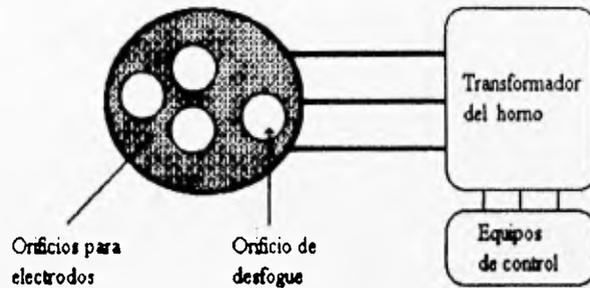
El horno de arco eléctrico para acería, es básicamente un crisol o coraza de tapa cerrada cóncava hacia abajo con revestimiento refractario, con tres orificios en una disposición triangular equilátera, para permitir la entrada de los electrodos de grafito conectándose a una fuente de energía eléctrica trifásica. Entre cada uno de los electrodos y el material cargado se producen los arcos eléctricos los cuales generan calor a una temperatura bastante elevada (3600 a 6000°C), que transmite a la carga por conducción, radiación directa y reflexión desde las paredes refractarias y la bóveda de la coraza. Las características fundamentales de un horno de arco eléctrico son:

- Suministrar una fuente de energía calorífica de elevadas temperaturas fácilmente controlable y libre de contaminación.
- Proporcionar una característica de basculación que permite al horno tener dos movimientos en sentido opuesto, ya sea para escoriar el acero cuando este se encuentra en el proceso de refinación o bien, para vaciar el metal líquido una vez adquirida la calidad necesaria.

El horno de arco eléctrico cuenta con una serie de elementos para realizar su operación, entre los más importantes se encuentran:

- Equipos eléctricos (cuchillas, interruptor, transformador, circuito secundario, etc.).
- Equipos mecánicos (grúas, básculas, ollas, etc.).
- Equipos de control (regulador).

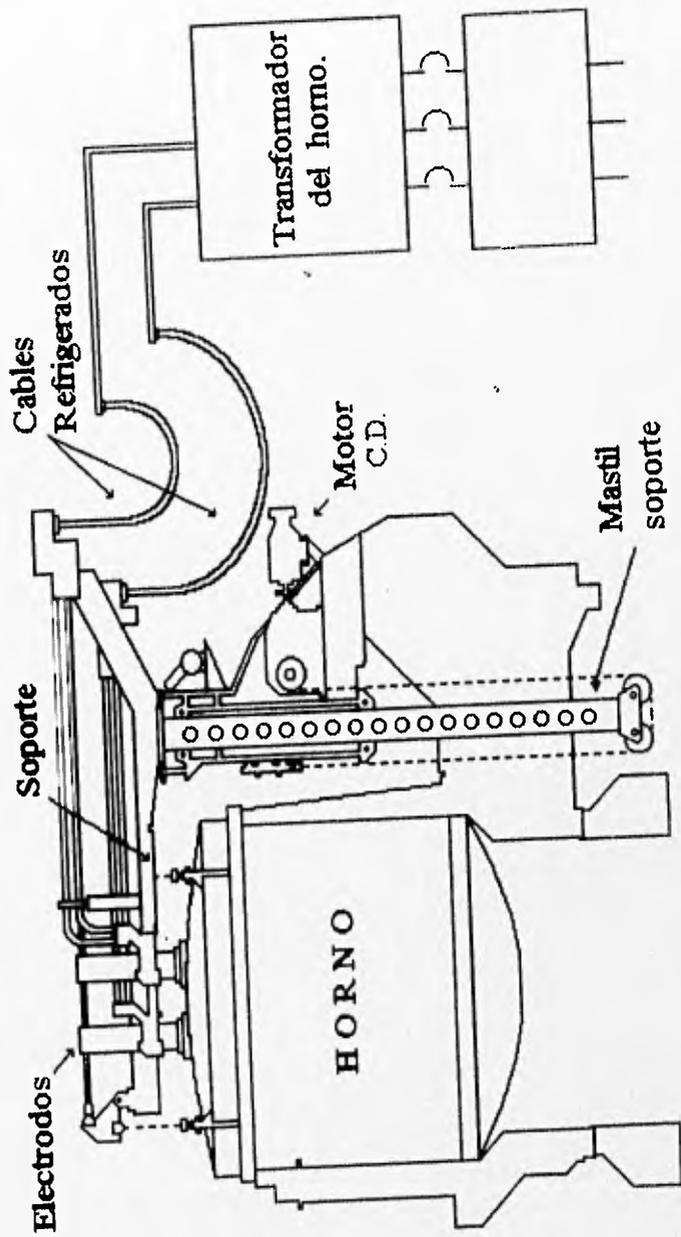
La figura ilustra la disposición del horno en la planta, mostrando los orificios para los electrodos y el orificio para el desfogue de humos producto del proceso.



### Disposición del horno en la planta

El conjunto de elementos descritos es actuado mediante un sistema de control llamado regulador; en este se encuentran localizados los selectores, botones pulsadores, palancas o manijas para conectar y desconectar, así como aparatos de medición necesarios para controlar la operación del horno.

**Fig. 2.7 Vista lateral de los dispositivos del horno**



## 2.4 CASA DE POLVOS.

En general hay dos tipos de aparatos para la limpieza del aire, como son: filtros de aire y colectores de polvo.

Los primeros se les emplea en sistemas que suministran aire para calefacción, acondicionamiento de aire y tomas de aire para motores de combustión interna y compresores. Generalmente los filtros de aire están diseñados para coleccionar polvos contenidos en la atmósfera cantidades de 1 a 4 granos por cada 1 000 pies<sup>3</sup> de aire.

Los colectores de aire, son diseñados para manejar concentraciones grandes de polvos originados en sistemas locales de escape o en la salida de gases por chimeneas que se emplean en procesos industriales. En los colectores de polvo, por lo regular se manejan concentraciones de 100 a 20 000 veces mayor que las empleadas con filtros de aire.

Los colectores de polvo se instalan para satisfacer necesidades específicas, entre las que se encuentran las siguientes:

- Evitar perjuicio o daño a la propiedad.
- Impedir el regreso de contaminantes al lugar de trabajo.
- Colectar material que pueda utilizarse.
- Reducir los riesgos por fuego o explosión.
- Permitir la recirculación de aire limpio en las áreas de trabajo.
- Cumplir con lineamientos legales establecidos por la autoridad respectiva.

## 2.5 ÁREAS COMPLEMENTARIAS.

En la elaboración del acero, existen secciones destinadas a realizar los procesos necesarios para obtener el mayor aprovechamiento de los recursos disponibles. Estas áreas abarcan desde el almacenamiento hasta producto terminado, cruzando por etapas de transformación de carácter metalúrgico.

### 2.5.1 PATIO DE CHATARRA.

La calidad del acero, esta directamente relacionada con la cantidad y calidad del hierro y carbono contenido en el horno. La sección destinada a la materia prima, es importante, ya que de la adecuada selección de materias, obtendremos la calidad de acero que el proceso nos demande. Para la obtención del acero se utilizaran preferentemente dos clases de materia prima

**Fierro esponja.** Es el producto obtenido de la reducción de los óxidos de hierro al estado sólido, con gases reductores tales como hidrógeno y monóxido de carbono sin llegar al estado líquido.

**Chatarra metálica.** Este tipo de materia prima se obtiene de las compañías destinadas a la comercialización de los desperdicios metálicos (desechos de ferrocarril, placa de barcos, estructuras, troqueles, etc.)

## 2.5.2 COLADA CONTINUA.

Probablemente ningún otro avance ha influido tanto en la estructura de la industria del acero y en su producto, como la amplia adopción de la colada continua. Puesto que en este proceso se puede formar directamente del acero líquido una sección semiacabada.

Los equipos con que cuenta esta área, es vital deben estar en las mejores condiciones de operación, ya que de haber una falla considerable, la totalidad del proceso será necesarios parar. Los equipos más importantes son los siguientes:

- Sistemas de control en Grúas.
- Sistemas de control de Bombas.
- Alumbrado.

## 2.5.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS.

Las transmisiones de las máquinas modernas están frecuentemente sometidas a unas exigencias tan amplias, que con mecanismos sólo es posible satisfacerlas a costa de una complicación extraordinaria de sus sistemas, lo cual dificulta por otra parte el empleo práctico de los mismos. En este aspecto, las transmisiones hidráulicas poseen una serie de ventajas con relación a los mecanismos ya mencionados.

Mediante el empleo de mecanismos hidráulicos es posible conseguir con facilidad una regulación continua de velocidades angulares o lineales, un sistema simple de conexión y desconexión de la transmisión o de inversión de movimiento del eslabón conducido, etc. Los sistemas hidráulicos ofrecen soluciones sencillas para resolver la automatización de procesos y dispositivos con ciclos de gran complejidad.

Los mecanismos hidráulicos se componen de una bomba, que impulsa el líquido de la transmisión (generalmente aceite mineral), y de un mecanismo de trabajo cuyo eslabón conducido efectúa un movimiento de rotación o traslación. El funcionamiento de los mecanismos hidráulicos está basado en el principio de los vasos comunicantes, es decir, el volumen de un líquido bombeado es igual al volumen barrido por los pistones de los mecanismos de trabajo. El suministro de líquido a los mecanismos de trabajo puede realizarse mediante bombas de tipo estático, bombas dinámicas o bien en acumuladores.

#### 2.5.4 ACABADOS.

Este departamento es el encargado de darle al acero la forma requerida, existe una amplia gama de formas y aplicaciones que se le pueden dar al acero. Desde aplicaciones caceras con tela de alambre, hasta en el ramo industrial con cadena o malla soldada, la secuencia del proceso se muestra en el capítulo 1.

# C A P Í T U L O 3

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

### 3.1 PANORAMA GENERAL

La presente situación económica en nuestro país afecta a todos los sectores productivos y a la industria en general; en el caso de la industria acerera mexicana, el contar con programas de mantenimiento eficientes, seguros y que se adecuen a sus necesidades tanto productivas como económicas, es la tendencia a seguir.

La justificación de un programa de mantenimiento se encuentra en que sirve para asegurar la disponibilidad de máquinas, equipos, controles, servicios e instalaciones en general. A través de coordinar, organizar y controlar los recursos con que cuenta nuestra planta productiva. Toda empresa posee recursos humanos y materiales los cuales debe proteger y mantener en estado funcional. Otro punto importante es la seguridad en el trabajo, básica para la operación segura de la planta, es por ello que el mantenimiento y la seguridad en el trabajo son actividades importantes para la producción.

**La función del departamento de mantenimiento es proporcionar los servicios técnicos de ingeniería requeridos para la operación segura y eficiente de la planta .**

Existen algunos factores que se deben considerar en la confección de un eficiente programa de mantenimiento; un buen sistema administrativo, trabajo de planeación y programación, adiestramiento de los recursos humanos, medición del trabajo, informes de control y adecuados talleres y herramienta.

Aun que en la práctica el alcance de las actividades de un departamento de mantenimiento es diferente en cada planta y se encuentra influido por el tamaño de la misma, el tipo, la política de la compañía, giro industrial y de sus antecedentes como empresa. De ello puede concluirse que la eficacia del sistema de producción esta ligada con la del departamento de mantenimiento. Las principales actividades que contempla el programa de mantenimiento pueden catalogarse en cuatro, que son:

- **Trabajos de mantenimiento.** Los denotaremos como las actividades y acciones encaminadas a mantener los equipos de la compañías en optimas condiciones de operación.
- **Estimación y programación de estos trabajos.** Entre las actividades que desempeña el mantenimiento, es proporcionar al departamento de producción una estimación de los trabajos que se deben realizar, los programas propuestos por mantenimiento para realizarlos. Producción debe coordinar estas acciones para no interrumpir drásticamente la operación de la planta.
- **Evaluación de los costos.** El departamento de mantenimiento en su operación es uno de los mas caros, dada la diversidad de acciones que se pueden presentar sin previo aviso, una adecuada evaluación y análisis de los costos en esta área, nos redituara en un programa económico y eficiente.
- **Control y medición de la eficacia del departamento.** El control es una parte importante para la operación sana del departamento. Las principales actividades que se desempeñan en esta sección son: la coordinación del personal a las diferentes áreas del proceso y elaborar estadísticas para determinar la eficiencia del programa (medición del trabajo).

Apartir de los apartados citados partiremos para determinar las bases en el desarrollo de los trabajos de mantenimiento, registro de datos y medición de parámetros, encaminados a lograr los objetivos que se plantean a continuación.

### 3.1.1 OBJETIVO.

El objetivo de cualquier actividad de mantenimiento es minimizar el costo de fabricación del producto, sin sacrificar la calidad o la seguridad del trabajador, a través de la aplicación económica de trabajadores, herramientas y materiales para proteger el equipo y aumentar la productividad.

Las responsabilidades que implican el llevar a buen fin el objetivo propuesto, se deslindan los siguientes puntos:

#### 1. Trabajo de mantenimiento planeado, reparaciones, instalaciones y reemplazos.

Es responsabilidad del grupo de mantenimiento, en colaboración con la supervisión de producción, organizar los programas de mantenimiento y disponer del equipo necesario para satisfacer los requisitos de producción programada. Los principales objetivos de los trabajos de mantenimiento son:

- Proporcionar seguridad de que no va a haber paros durante las operaciones de producción.
- Mantener el equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones.
- Mantener el equipo a su máximo de eficiencia de operación.

#### 2. Generación y distribución de energía y otros servicios.

La distribución eficiente de energía eléctrica a las distintas áreas de la planta es de carácter indispensable, ya que la base primordial de nuestro programa se enfoca a sistemas eléctricos y a su óptima operación. La distribución de otros servicios como pueden ser energía hidráulica, vapor, agua, entre otros; es función del departamento de mantenimiento.

#### 3. Asesoría y apoyo para el área de seguridad.

La seguridad en la planta debe ser coordinada por su propio departamento y trabajar paralelamente con el departamento de mantenimiento. El objetivo primordial es la planeación conjunta de programas de acción y la elaboración de reportes, encaminados a la operación segura por parte de los trabajadores.

#### **4. Consulta técnica sobre problemas mecánicos de supervisión de la producción.**

La consulta acerca de posibles fallas en el equipo por parte de los operadores, también debe ser considerada, ya que de esta manera se pueden detectar posibles condiciones de falla que afecten a la continuidad de la producción.

### **3.2 ALTERNATIVAS POR ANALIZAR**

La alternativa primordial para el programa es que debe ser diseñado y cortado a la medida para satisfacer requisitos individuales. La razón es clara, no hay dos plantas idénticas en cuanto tamaño, edad, localización, construcción, equipos, servicios o distribución. Difieren en organización, políticas de producción y personal. Los problemas de mantenimiento son diferentes, esto no quiere decir que no hay semejanza entre dos programas; la hay entre objetivos y principios básicos, mas no en lo que se refiere a ingeniería o aspectos administrativos.

El departamento de mantenimiento no actúa de manera aislada, actúa en conjunto con otros departamentos (ver fig. 3.1), de la sana interdependencia de estos, dependerá el éxito del programa.

### 3.2.1 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN.

El departamento de producción debe darse cuenta de la utilidad potencial de su contribución a un buen servicio de mantenimiento, a través de conocer la ejecución y condición del equipo para anticipar el trabajo, programar paros no previstos y revisiones con anticipación. Esta relación es de las más importantes, ya que la operación de uno impide las labores del otro y viceversa. Esto quiere decir que para realizar trabajos de mantenimiento en el equipo, la producción debe detenerse y cuando producción opera impide labores de mantenimiento. De la eficiente relación entre ambos, redundara en resultados convenientes para ambos.

### 3.2.2 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CON ALMACÉN Y COMPRAS.

El objetivo del departamento de almacenamiento y compras, es contribuir a obtener provecho objetivo, controlando la inversión en refacciones y material de reparación al nivel mínimo, de acuerdo con los requerimiento de producción y mantenimiento. El problema primordial es contar con los repuestos necesarios para mantener la planta productiva operando. El mantenimiento puede ayudar a la solución de este problema, al proyectar planes a futuro que cambiarían los requerimientos de artículos específicos y al hacer los reportes necesarios a los almacenes.

### 3.2.3 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y CONTABILIDAD.

La acumulación de los datos de costos de mantenimiento se hace normalmente por el departamento de contabilidad, como servicio al departamento de mantenimiento, y allí se elaboran los reportes. Desde el punto de vista de mantenimiento hay dos tipos de reporte de la información de los costos de mantenimiento:

- **Reportes a la gerencia de la planta.** El objetivo de este tipo de reportes es proporcionar información de costos que permitan a la gerencia de la planta juzgar la ejecución del mantenimiento como un servicio de la planta.
- **Informes de costos para fines de control.** Esta es la información que recibe el mantenimiento para controlar sus costos, y no la que se crea que necesita el mantenimiento para llevar a cabo su labor .

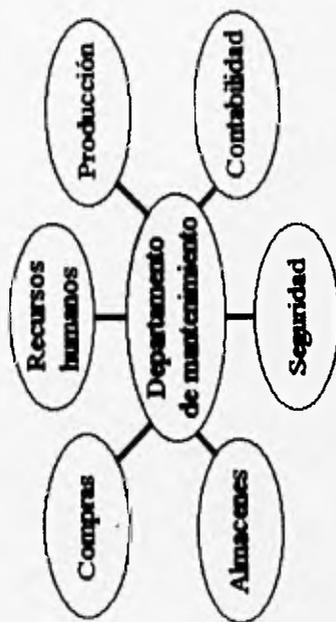
### 3.2.4 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CON RECURSOS HUMANOS.

El departamento de recursos humanos es el encargado de proporcionarle capacitación y adiestramiento al personal que pondrá en práctica el programa, además de coordinar las operaciones de selección de personal calificado para laborar en la planta.

### **3.2.5 RELACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.**

La seguridad es uno de los aspectos más importantes de la organización y factor indispensable de la puesta en marcha de cualquier programa de mantenimiento. Las situaciones de riesgo para el personal, deben estar proyectadas para no afectar los niveles de seguridad y la continuidad del proceso.

El departamento de mantenimiento debe tener una amplia participación, al hacer que su planta sea segura y que se pueda trabajar en ella, ya que la responsabilidad del programa de seguridad se encuentra en un departamento asesor o en el departamento de mantenimiento.



**FIG. 3.1 Relación del mantenimiento con otras áreas.**

### 3.2.6 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO.

Las políticas de mantenimiento varían extremadamente en la práctica, dependen de las características de los elementos, instalaciones de mantenimiento disponibles y costos de aplicación. También son las que determinan el tipo de interrupción o acción a seguir para realizar trabajos de mantenimiento. En general pueden identificarse cinco políticas diferentes, que se describen a continuación:

1. **Basadas en el tiempo ( mantenimiento preventivo cada X meses ).** El mantenimiento debe programarse para realizarlo después de un tiempo determinado, antes de que la falla en el equipo se presente.
2. **Basadas en el trabajo ( mantenimiento preventivo al haber producido X volumen de trabajo ).** El programa debe contemplar que pasado cierto volumen de producción, la maquinaria deberá ser inspeccionada y efectuadas las operaciones respectivas de mantenimiento.
3. **Basadas en la oportunidad ( dar mantenimiento cuando sea posible ).** En ocasiones el mantenimiento se programa para ser ejecutado los días cuando la planta no labore por algún tiempo ( vacaciones, días festivos, etc. ).
4. **Basadas en una condición ( a partir de las estadísticas del departamento ).** La medición del trabajo es un método utilizado para realizar estadísticas, encaminadas con el fin de anticipar paros en las áreas productivas por mantenimiento.
5. **Basadas en emergencias ( continuar operando hasta que falle el equipo, y entonces dar mantenimiento ).** El llegar a esta etapa, implica que los equipos fallaron y que la intervención del personal de mantenimiento es indispensable.

### 3.3 VENTAJAS DE LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO.

La fig. 3.2a muestra las principales áreas de la nave y los equipos con que cuenta cada una. La programación de las actividades, es una de las herramientas más efectivas que puedan emplearse en el mejoramiento de la eficiencia de cualquier departamento de mantenimiento. La programación de los trabajos de rutina presentan menos dificultades que los trabajos intermitentes ( ver fig. 3.2b ); ya que estos últimos interfieren en la continuidad de la producción.

Las principales ventajas que nos ofrece la programación son:

- Mejor coordinación de actividades por realizar
- Adecuada administración de los recursos humanos.
- Disminuye el tiempo que no opera el equipo en horas laborables.
- Menor número de reparaciones en gran escala y de carácter repetitivo.
- Menor cantidad de productos rechazados, mejor control de calidad; consecuencia de la correcta adaptación del equipo.
- Mayor seguridad para los trabajadores y mejor protección para la planta, lo cual conduce a una compensación más baja y menores costos de seguro.
- Considerable reducción en los costos de operación del programa.

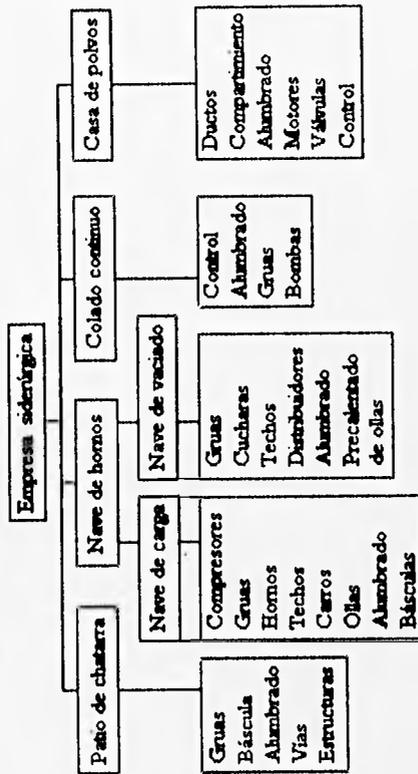
Primeramente, existen elementos para la programación y a partir de ellos enfocar las principales actividades del programa:

**A) Análisis de los trabajos.** El análisis de la historia de los trabajos, de las especificaciones técnicas y de los consejos del fabricante propone, que nos permitirá:

- Establecer las normas de mantenimiento e inspección, naturaleza y frecuencia de los trabajos.
- Hacer el inventario de los trabajos de mantenimiento para cada equipo.
- Tomar como base las políticas de mantenimiento para la programación de las actividades.

- B) Establecer de un calendario.** A partir de las normas de mantenimiento, se elabora un programa de acción en el que se precisen la calidad y la frecuencia de las intervenciones del programa de mantenimiento.
- C) distribución de los trabajos.** No puede suponerse que los trabajos correctivos no serán nunca necesarios después del mantenimiento preventivo. Las causas de los trabajos correctivos son diversas, y debe elaborarse un procedimiento que permita su acción con las demoras mas pequeñas.
- D) Estimación de los costos.** En ocasiones es difícil hacer esta estimación, sobre todo para el departamento de mantenimiento. La persona encargada evalúa el tiempo y material necesario para los trabajos, y esta estimación debe comprender los costos de mano de obra, material y los costos indirectos.
- E) Lanzamiento de los trabajos.** Después de la solicitud de trabajo y la requisición de material, se deben realizar los preparativos necesarios para ponerlo en practica.

Desglose de equipo al que se le debe programar mantenimiento



**Fig. 3.2a Disposición de los equipos necesarios en cada área.**

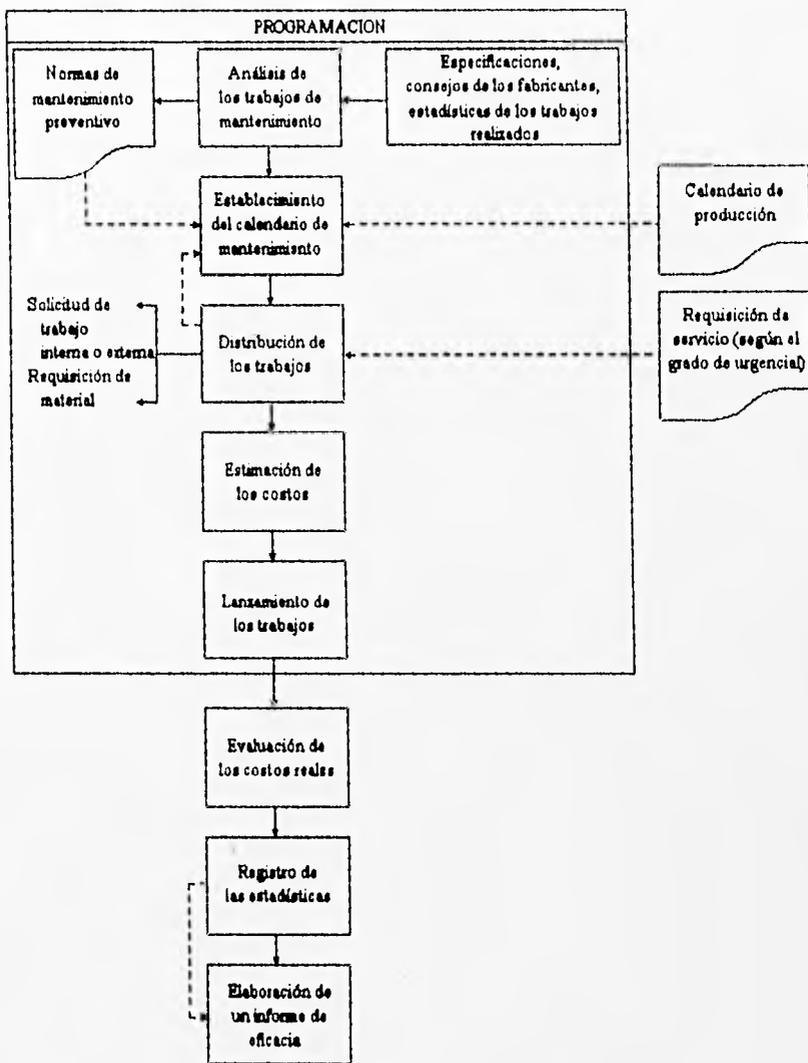


FIG. 3.2 Programación de los trabajos de mantenimiento

### 3.4 ALCANCES DEL PROGRAMA.

El programa a desarrollar, está específicamente diseñado para nuestra aplicación en específico, en base a las necesidades de mantenimiento en los equipos, requisitos de seguridad, objetivos por alcanzar y necesidades futuras en los distintos sectores con que contamos en la planta. Pero la idea o propuesta base, puede ser retomada para otras áreas de la industria; donde el equipo empleado, requerimientos y objetivos, sean de características similares a los que se encuentran en nuestra aplicación.

Con relación a las perspectivas a corto plazo, contemplamos la pronta adaptabilidad de las acciones del programa, a las actividades de producción. En las perspectivas a largo plazo, se pretende cubrir las necesidades de mantenimiento o modificaciones necesarias al programa, con respecto a la modernización, crecimiento o posibles aumentos en la producción, entre otros.

El éxito de un programa de mantenimiento se basa fundamentalmente, en que también se vende la idea de mantenimiento a cada uno de los integrantes de la planta, a la gerencia, ejecutivos de producción, supervisores de mantenimiento y a los técnicos. Ya que son ellos en su conjunto, los encargados de aprobar o desaprobar el programa de mantenimiento, y en el caso de ser aprobado, ponerlo en práctica. El alcance en su conjunto de los puntos anteriormente planteados, es logra producción máxima al a costo mínimo, en un ambiente seguro de trabajo.

# CAPÍTULO 4

## ORGANIZACIÓN Y CONTROL

### 4.1 PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN.

La organización establece la autoridad, responsabilidad y relaciones para obtener con efectividad los objetivos trazados por el programa, para llevar a buen fin, el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Los propósitos que persigue la organización son:

- La estructura administrativa que se requiere.
- Las obligaciones y responsabilidades para todos los nivel de supervisión.
- El trabajo de ingeniería requerido en el desarrollo de las actividades de producción.

Existen dos tipos de organización de mantenimiento, basadas en la disposición de las secciones en la planta. Estos tipos se aplican en función a los programas establecidos y al tipo de organigramas establecidos en la empresa.

#### Mantenimiento de área.

Implica la división de la planta en áreas, cada una con su propia cuadrilla de mantenimiento. Esto se hace para mayor eficiencia y economía, por lo que las oficinas centrales de mantenimiento de área y los talleres se localizan en la proximidad de los departamentos de producción a los que sirven. El personal resulta eficiente en la conservación del equipo dentro de sus propias áreas, dado que al emplearlos en otros sectores resultan poco eficientes.

### Mantenimiento centralizado.

Este implica que todo el mantenimiento se controla en una localización central. Al personal se le transfiere de una área o lugar donde haya problemas a otro. La diversidad de trabajos que debe desempeñar cada empleado es amplia, debido a que se le transfiere a el área del proceso donde se le necesite.

Ya sea que se aplique un sistema u otro, el programa debe ser de accesible ante posibles cambios en los equipos, adecuado a las necesidades de producción de la empresa como de fácil comprensión y aplicación por parte de los operarios.

## 4.1.1 METODOLOGÍA

La metodología que aplicaremos es el registro de las acciones del programa en hojas de inspección y levantamiento de equipo, se propondrán hojas para cada sector de la planta, algunas acciones a seguir en caso de falla y las tareas de mantenimiento necesarias para cada una de ellas.

### Procedimientos en la inspección de mantenimiento.

**Definición.** La inspección del equipo de planta, instalaciones y accesorios, es un procedimiento para determinar la necesidad de reparaciones, ya sean grandes o pequeñas.

**Propósito.** Prevenir las interrupciones no programadas del equipo de producción y el deterioro indebido de equipos.

**Alcance.** Un procedimiento de inspección funciona en dos formas:

- a. Inspección visual, que consiste en observar el equipo en operación, para determinar los paros potenciales.
- b. Inspección de paro no previsto, para determinar el deterioro y condición general, cuando el equipo no esta en operación.

La información de la inspección registrada en hojas de carga de trabajo debe pasarse a los registros permanentes y llenarse de acuerdo con la identificación del equipo. La supervisión debe verificar, semanalmente, las hojas de carga de trabajo. Comparando las anotaciones con los registros permanentes, el verificador debe poder detectar el deterioro y resolver las fallas, prevenir paros costosos, a través de planear con anticipación las reparaciones y los reemplazos, para cuidar de ellos durante el tiempo programado.

#### **4.2 REPORTES DE TRABAJO Y ACCIONES A SEGUIR.**

Para atacar el mantenimiento de la planta industrial, dividimos esta en cuatro sectores; estos se encuentran definidos por su importancia en el proceso de producción del acero y de su disposición física en la nave. Las áreas quedaron delimitadas como se muestra:

- EQUIPOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.
- PATIO DE CHATARRA Y GRÚAS.
- NAVE DE HORNOS.
- NAVE DE COLADA CONTINUA.

ESTR  
S  
DE LA

#### 4.2.1 EQUIPOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Los equipos de suministro eléctrico, son los encargados de alimentar a las diferentes áreas de la planta, energía eléctrica suficiente y confiable necesaria para la operación de sus equipos, se encuentran principalmente en la subestación eléctrica y fueron descritos en el capítulo 2 de este trabajo. El tener una secuencia de actividades adecuada, destinada a lograr el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, es indispensable para nuestro propósito.

Se anexan hojas para la puesta en marcha de la subestación eléctrica y de sus partes componentes mas importante; estas tienen el fin de prevenir fallas en el equipo al momento de energizar los circuitos y reducir situaciones de riesgos para los operadores de los elementos de la subestación.

**Una subestación eléctrica**, es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica ( tensión y corriente ), proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema.

Entre los elementos que componen una subestación eléctrica tenemos:

**Interruptores.** Son equipos destinados a la apertura de circuitos con carga.

**Cuchillas desconectadoras.** Son elementos destinados a la apertura física de los circuitos sin carga. Tener especial cuidado en el caso de arqueo y posible flameo.

**Barras de conexión ( buses ).** Conexiones físicas entre los circuitos, observar que no se encuentre objetos extraños en ellos.

**Aisladores.** Elementos destinados al aislamiento de los circuitos. Tener cuidado de programar limpieza de estos, por lo menos 3 veces al año (este dato esta en función de las condiciones atmosféricas predominantes)

**Tablero de control y medición.** Las etapas destinadas al control y medición eléctrico, deben estar supervisadas constantemente y auxiliada por el personal de mantenimiento (ver sección nave de colada sobre cuidado de tableros de mando).

El transformador, es el equipo con el cual el usuario comete mayores abusos, lo trabajan a sobrecargas continuas, se le protege inadecuadamente y si se le dedica un periodo de mantenimiento, éste por lo general es pobre.

En el anexo de hojas, se incluyen formas para la puesta en marcha de los transformadores, de las observaciones que se recaben, determinar si hay que canalizar el transformador a mantenimiento. La figura 4.1 muestra un transformador de potencia.

Las posibles causas de falla, pueden ser:

Tipos de falla en el transformador	Posibles causas de falla.
Fallas en aceite aislante y equipo auxiliar.	Falsos contactos.
Fallas en el devanado.	Corto circuito externo y entre espiras.
	Sobretensiones por descargas atmosféricas.
	Sobrecargas.

A continuación se proponen algunas medidas preventiva para asegurar un operación segura

- El mantener los Bushing limpios y libre de impurezas es importante.
- Efectuar inspecciones periódicas para detectar posible fugas en el tanque principal.
- Realizar pruebas Cromatograficas al aceite, con la frecuencia que se considere adecuada.
- Verificar las protecciones en general, así como la temperatura del mismo.

**ANEXO DE HOJAS DE MANTENIMIENTO**

**EQUIPOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO**

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Inspección para la puesta en operación de la subestación principal.

Responsable: \_\_\_\_\_

Período: \_\_\_\_\_

ACCIÓN A SEGUIR	RESULTADOS	OBSERVACIONES
Verificar que el banco de baterías proporcione 125 V <sub>CD</sub> .		
Revisar que los paneles de alarma estén restablecidos.		
Confirmar que las tierras hayan sido retiradas.		
Inspección visual a toda la subestación con el fin de localizar objetos extraños.		
Revisar que las cuchillas estén debidamente cerradas.		
<b>INTERRUPTOR PRINCIPAL</b>		
Verificar que tenga la presión correcta de operación.		
Verificar niveles de aceite hidráulico.		
<b>INTERRUPTORES DE ENTRADA Y SALIDA DEL TRANS.</b>		
Verificar que tengan la presión correcta de operación.		
<b>INTERRUPTORES DE CADA ÁREA.</b>		
Verificar condiciones óptimas para entrar en operación.		

REVISADO Y EN BUEN ESTADO [ OK ]

PROGRAMAR MANTENIMIENTO [ PM ]

REPARACIÓN [ RP ]

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Inspección de puesta en marcha a transformadores.

Capacidad: \_\_\_\_\_ Instalación: \_\_\_\_\_ Años de servicio: \_\_\_\_\_

Tensión: \_\_\_\_\_ l.ts. Aceite: \_\_\_\_\_

Tipo de alambrado: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_ Periodo: \_\_\_\_\_

ACCIÓN A SEGUIR	LECTURA PLACA	LECTURA REAL	LECTURA MÁXIM	OBSERVACIONES
Nivel de aceite tanque principal.				
Nivel de aceite cambiador de taps.				
Temp. de aceite.				
Temperatura del embobinado.				
Presión del agua.				
Temp. del agua.				
Nitrógeno.				
Ventiladores				
Amperaje				
Rigidez Dialéctica				
Factor de potencia				

REVISADO Y EN BUEN ESTADO [ OK ]

PROGRAMAR MANTENIMIENTO [ PM ]

REPARACIÓN [ RP ]

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Inspección de puesta en marcha a transformadores.

Responsable: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_

ACCIÓN A SEGUIR	LECTURA PLACA	LECTURA REAL	LECTURA MÁXIM	OBSERVACIONES
Compuestos				
Polares				
Acidez				
Aisladores				
Alta y Baja				
Aislamiento				
Alta - Baja				
Aislamiento Alta a				
Tierra - Baja.				
Aislamiento Alta -				
Baja a tierra.				
Protecciones				
Diferenciales.				
Protecciones				
sobre corriente.				

REVISADO Y EN BUEN ESTADO [ OK ]

PROGRAMAR MANTENIMIENTO [ PM ]

REPARACIÓN [ RP ]

Hoja 2 / 2

## 4.2.2 PATIO DE CHATARRA Y GRÚAS.

El patio de chatarra, es el encargado de almacenar la materia prima necesaria en el proceso de fundición de acero. El principal equipo que se encuentra en ella son las grúas, encargadas de transportar la materia prima a los hornos, generalizaremos las acciones del programa de mantenimiento a todas las grúas existentes en la nave.

El mantenimiento de la grúa comienza realmente con el operador de la misma, puesto que la frecuencia, cantidad y atención de mantenimiento requerida depende de la manera en que el operario haga funcionar la grúa. De él depende la duración de los motores, controles y frenos, así como la frecuencia con que sea necesario hacer los ajustes.

Ajustes menores, limpieza y reposición oportuna de partes, no solamente mantenimiento a la grúa viajera operando con alta eficiencia, sino que elimina molestias, quejas y reclamaciones de parte de los operadores y reduce al mínimo el tiempo que la grúa esta fuera de servicio en horas productivas.

Encontrar los requerimientos necesarios para establecer un programa de mantenimiento preventivo para una grúa en particular es de gran dificultad, ya que interviene numerosos factores variables, tales como: material por manejar, aplicación, condiciones atmosféricas del lugar, modo de operar, tipo de carga, etc. Este programa tiene dos objetivos:

- Efectuar inspecciones periódicas.
- Determinar las medidas correctivas necesarias como resultado del reporte elaborado en las inspecciones periódicas.

A fin de que el mantenimiento resulte mas rápido y económico, el personal de mantenimiento que se encargue de las inspecciones de la grúa puede hacerse cargo de la limpieza, ajustes y reparaciones menores, cuando así se requiera.

## **Desarrollo**

El programa contempla la revisión de los dispositivos de la grúa en intervalos, estos se determinaron apartir de las recomendaciones del fabricante, tiempo de operación, programas ya existentes y experiencias laborales.

La revisión periódica de informe de inspección permitirá conocer la vida promedio de servicio de los componentes de la grúa, con lo cual se podrá determinar las necesidades de ajuste, reparación, o reemplazo de componentes.

### **Comprobación diaria ( por parte del operador ).**

- Inspección de los sistemas de seguridad, tales como: interruptores limite, sirenas, luces, estaciones de botones, etc.
- Compruébese que los sistemas de frenado operen correctamente, para hacer esta comprobación levántese la carga unos cuantos centímetros sobre el nivel del piso.
- Verifique la botonería correspondiente a variar la velocidad de la grúa.

### **Inspección semanal.**

- Revisense todos los frenos y ajústense cuando se requiera.
- Compruébese el nivel del liquido de los sistemas hidráulicos.
- Inspecciónese todos los cable de carga ( desgaste, torceduras y alambres rotos ).
- Lubricar elementos que no cuenten con graseras.

**Inspección mensual.**

- Inspecciónese la condición general de todos los contactores, contactos auxiliares, relevadores, interruptores, interruptores límite y controladores de mando.
- Revise el nivel de aceite de los equipos
- Verifique los alimentadores principales y las zapatas colectoras.
- Lleve a cabo la inspección completa de la grúa, utilizando las hoja de inspección.
- Inspección visual de la estructura física de la grúa.

**Inspección semestral**

- Revise la instalación y equipo eléctrico de la grúa para determinar fallas de resistencia.
- Lubricar todos los motores.
- Realizar inspección de las condiciones de lubricantes, realizar limpieza y cambio de aceite de ser necesario.

Las hojas necesarias para la coordinación de las actividades en grúas se anexan a continuación.

Acero con nervio eléctrico DEMAG-REG

Fabricación de arcos

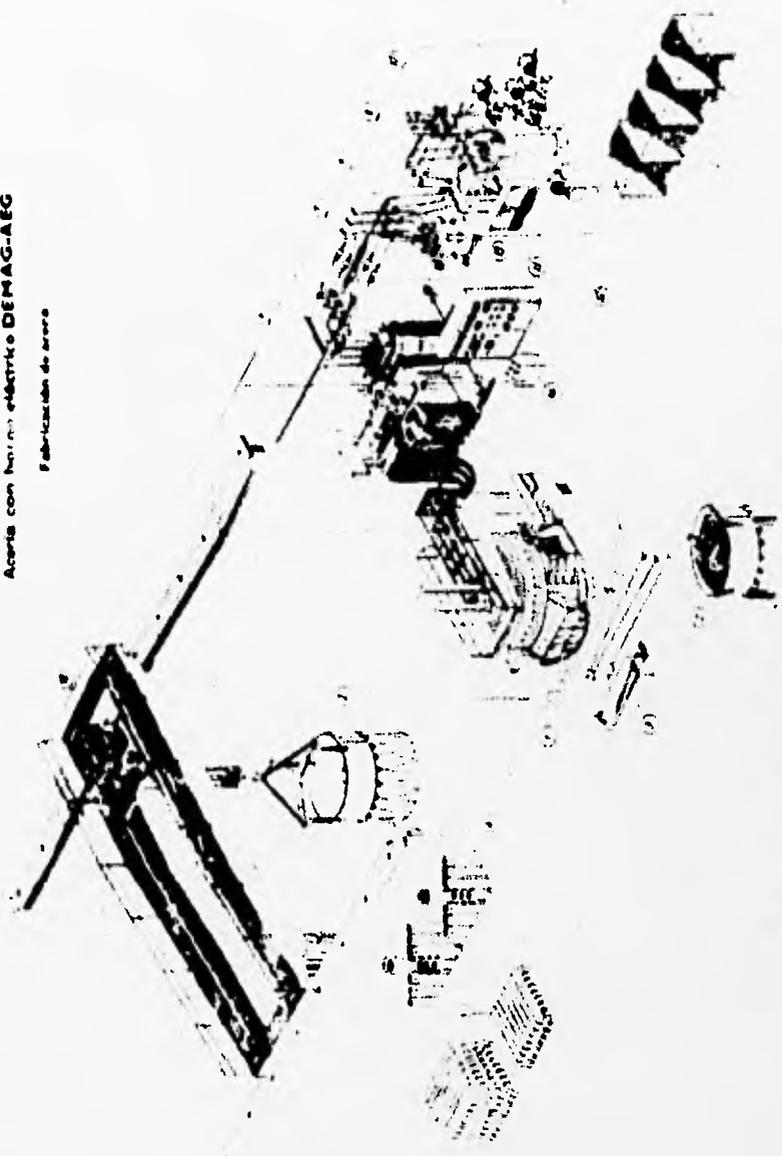


Fig. 4.2 VISTA AEREA DE LAS GRUAS Y LA PLANTA.

ANEXO DE HOJAS DE MANTENIMIENTO

PATIO DE CHATARRA Y GRÚAS.

## PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO EN GRÚAS

### INSPECCIÓN ELÉCTRICA

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

EQUIPO	DESCRIPCIÓN.	PRIMER SEMANA	SEGUNDA SEMANA	TERCER SEMANA	CUARTA SEMANA	OBSERVACIONES
<b>MOTORES</b>	Conmutador o anillos rozantes.					
	Resistencias del motor.					
	Escobillas.					
	Gabinetes de control.					
	Rotor o armadura.					
	Campo o estator.					
<b>FRENOS</b>	Bobinas de freno.					
	Relevador y rectificador.					
<b>EQUIPOS AUXILIARES</b>	Interruptor límite de gancho.					
	Contactos.					
	Relevadores.					
	Alimentadores principales					
	Equipos de seguridad.					

**LIMPIEZA ( L )      REVISIÓN FUNCIONAL ( RF )      REPARACIÓN ( R )**

## PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO EN GRÚAS

### INSPECCIÓN MECÁNICA.

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	PRIMER	SEGUND	TERCER	CUART	OBSERVACIONES
		SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	
<b>MOTORES.</b>	Baleros					
	Chumaceras.					
	Bombas.					
	sistemas de lubricación.					
<b>FRENOS.</b>	Balatas.					
	Discos.					
	Sistemas hidráulicos.					
<b>EQUIPOS AUXILIARES</b>	Engranés.					
	Sistemas de transmisión					
	Rieles.					
	Equipos de seguridad.					
	Cables.					
<b>ADITAMENTOS</b>	Coples.					
	Filtros.					
	Ductos					

**LIMPIEZA ( L )**

**REVISIÓN FUNCIONAL ( RF )**

**REPARACIÓN ( R )**

### 4.2.3 NAVE DE HORNOS

El horno de arco eléctrico es la parte fundamental del proceso de aceración, la correcta y segura operación, debe estar respaldada por un programa de actividades para asegurar estos propósitos. Las partes fundamentales por inspeccionar son:

- **Regulador.** Es el encargado de controlar la posición de los electrodos dentro de la bóveda, censar parámetros eléctricos, protecciones, entre otras. La figura 4.3 muestra el regulador y las señales que monitorea para el control.
- **Elementos de control.** Gabinetes que contienen relevadores y componentes que apoyan al regulador.
- **Electrodos.** Esta parte es muy especial del circuito, pues además de tener que soportar las altas corrientes del horno, están sujetas a temperaturas del orden de 5000°C.
- **Interruptores limite.** Estos elementos son vitales para evitar accidentes en las maniobra de la bóveda.
- **Motores.** Los motores que auxilian en las maniobras de la bóveda, para las actividades consultar el anexo nave de colada.
- **Elementos refrigerantes.** La temperatura no debe exceder parámetros previamente establecidos, hay que vigilar constantemente los equipos de control de temperatura.

En el anexo que contiene las hojas de nave de hornos, se contemplan las actividades necesarias para la puesta en marcha del horno, después de un paro programado. De las acciones para el mantenimiento en las distintas partes, observaciones y posible programación de reparaciones.

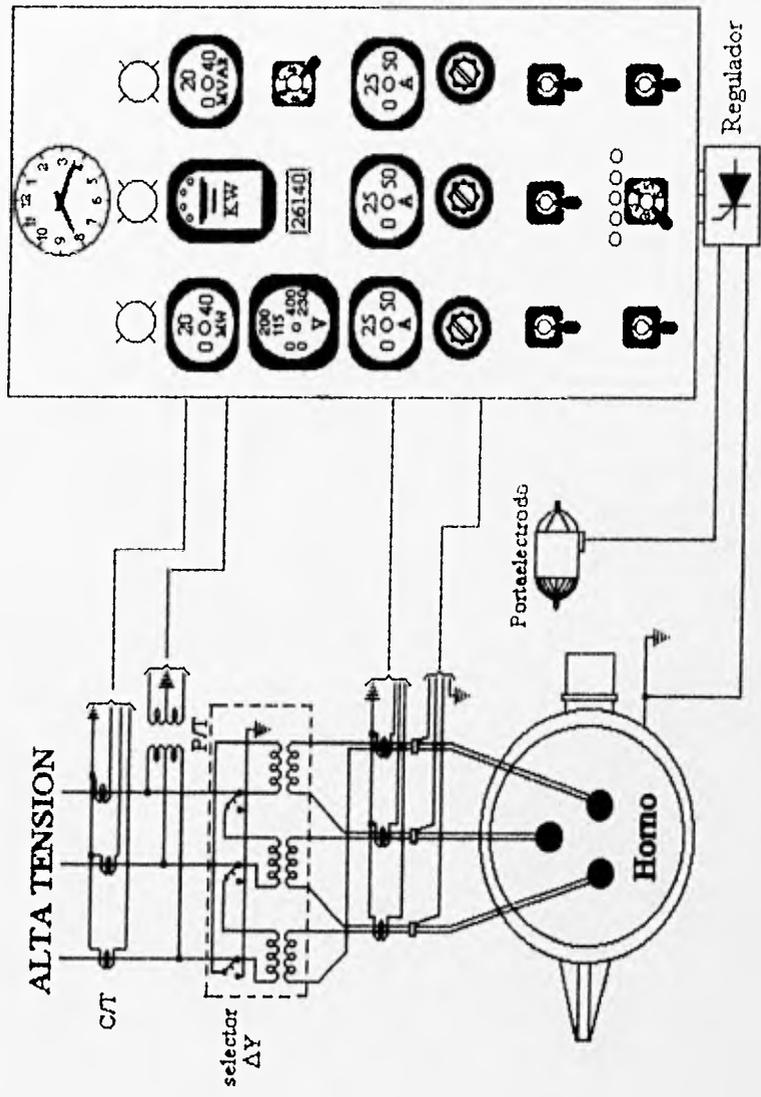


Fig. 4.3 VISTA GENERAL DEL REGULADOR

ANEXO DE HOJAS DE MANTENIMIENTO

NAVE DE HORNOS

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Inspección para puesta en marcha del horno No. \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

COMPONENTES DEL EQUIPO	CONDICIONES		OBSERVACIONE
	Mecánicas	Eléctricas	
<b>Reductores:</b>			
Niveles de aceite			
<b>Mecanismos:</b>			
Trinquete mástiles.			
Seguros de giro			
Seguro de volteo (poste).			
<b>Paneles:</b>			
Señalización flujo de agua.			
Horno abierto observación de paneles.			
Flujo de agua en los colectore			

**REVISADO Y EN BUEN ESTADO [ OK ]**

**PROGRAMAR MANTENIMIENTO [ PM ]**

**REPARACIÓN [ RP ]**

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

### Mantenimiento del horno

"Antes de realizar cualquier acción en el horno, ver nota al final de la hoja"

Horno: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

DISPOSITIVO	CONDICIONES	DISPOSITIVO	CONDICIONES
<b>Transformador</b>			
Conexión delta del transformador		Aisladores	
Bushing		Apartarrayos	
Capacitores		Indicador de temp. tanque.	
Inertiaire		Indicador de temp. embobinad	
Nivel del aceite tanque		Indicador de flujo de agua	
Nivel del aceite cambiador		Motor Bomba 1	
Cambiador de taps		Motor Bomba 2	
Control cambiador de taps			
Motor cambiador de taps			
<b>Interruptor Joslyn</b>			
Fase A contador		Fase A' contador	
Fase B contador		Fase B' contador	
Fase C contador		Fase C' contador	
Control Interruptor Joslyn		Tablero de alimentación Joslyn	
Alumbrado del cuarto de control		Tablero de mando	

REVISADO Y EN BUEN ESTADO [ OK ]

PROGRAMAR MANTENIMIENTO [ PM ]

REPARACIÓN [ RP ]

Hoja 1 / 2

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

### Mantenimiento del horno

DISPOSITIVO	CONDICIONES	DISPOSITIVO	CONDICIONES
<b>Elementos de control</b>			
Fuerza, giro de la bóveda		Paneles enfriados por agua	
Arrancador levantamiento bóveda		Control y arrancador ventilado	
Arrancador puerta		Alimentador paneles electrodos	
Fuerza volteo		Tablero de control rectificador	
M.L. bóveda / Revisar freno		M.G. bóveda / Revisar freno	
S.L. bóveda arriba		S.R. giro de la bóveda	
S.L. bóveda abajo		S.L. con seguro giro de bóveda	
Motor de volteo		S.L. sin seguro giro de bóveda	
S.R. del volteo		S.L. de entrada	
S.L. seguro de volteo		S.L. de salida	
S.L. sin freno		S.L. bloque de encendido	

FASE A	CONDICIONES	FASE B	CONDICIONES	FASE C	CONDICIONES
S.L. Bajar		S.L. Bajar		S.L. Bajar	
S.L. Subir		S.L. Subir		S.L. Subir	
S.L. Subir aux.		S.L. Subir aux.		S.L. Subir aux.	
C. refrigerados		C. refrigerados		C. refrigerados	

REVISADO Y EN BUEN ESTADO { OK }

PROGRAMAR MANTENIMIENTO { PM }

REPARACIÓN { RP }

Nota:

- Para hacer esta revisión deberá activar el interruptor \_\_\_\_\_ y la cuchilla \_\_\_\_\_.
- En la subestación principal, abrir la cuchilla en la entrada del horno.

Abreviaturas:

M. Motor.

M.L. Motor de levantamiento.

M.G. Motor de giro.

C. Cables.

S.L. Switch límite.

S.R. Switch Rotatorio.

Hoja 2 / 2

#### 4.2.4 NAVE DE COLADA.

Los equipos que se emplean para canalizar los productos del horno, es la nave de colada. En esta sección se encuentran motores eyector, ventiladores, sistemas de enfriamiento en el equipo de control, lubricación, etc

En el anexo de hojas de mantenimiento, se muestran las principales partes por inspeccionar, la frecuencia de acción y de las posibles observaciones para determinar si hay que programar mantenimiento correctivo.

Motores eléctricos, se encuentran los de corriente alterna y corriente directa descritos con anterioridad. Existen fallas debidas a su mala operación o defectuosa calibración de sus partes, entre las que encontramos:

Fallas en los motores	Posibles causas.
Chisporroteo de las escobillas.	Mala calibración de estas o esta defectuosas.
Calentamientos y caída de velocidad.	Posible rozamiento del rotor con el campo.
Caída del par.	Posible pérdida en el aislamiento de motor.

En el anexo de muestran hojas tanto de mantenimiento como de levantamiento de motores; así como las observaciones necesarias y acciones a seguir.

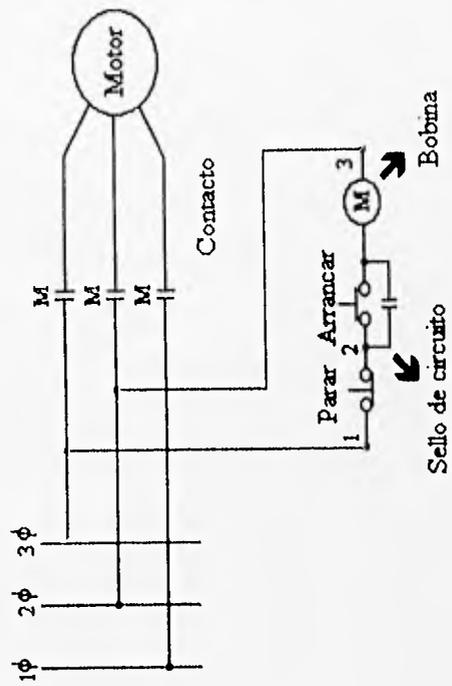
A continuación se proponen algunas medidas preventiva para asegurar un operación segura

- Realizar inspecciones con el equipo en operación para detectar posibles situaciones anómalas
- Inspeccionar partes mecánica para prevenir posibles condicione de falla
- Realizar con la frecuencia deseada pruebas dieléctricas, con el propósito de cerciorarse de que el aislamiento de la máquina es capaz de soportar condiciones de plana carga.
- Inspeccionar las escobillas en los motores que lo requieran, para detectar desgastes o chisporroteo.

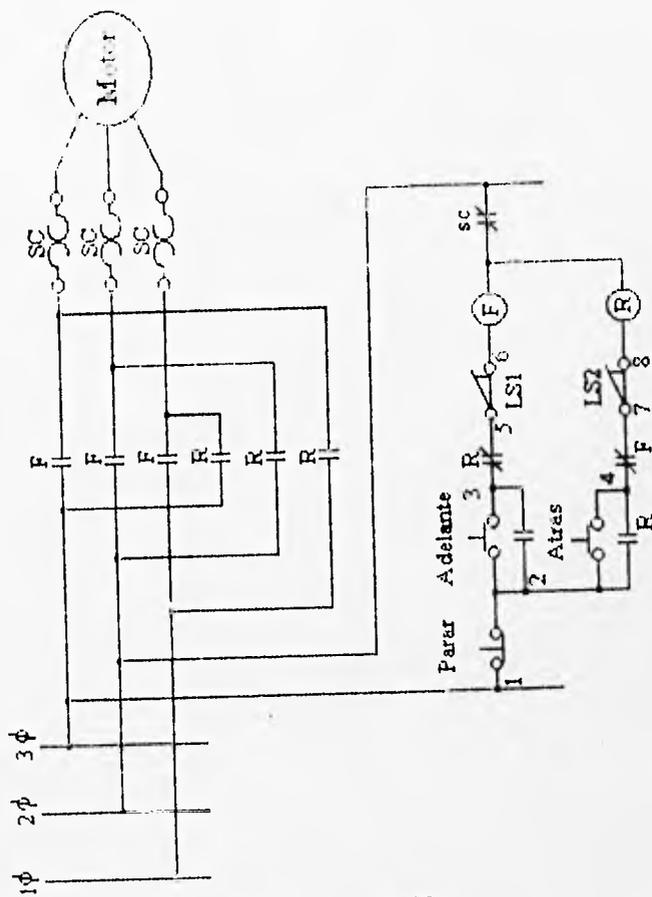
#### Arrancadores para motores

El mantenimiento de los arrancadores para los motores (se muestran ejemplos fig. 4.4a, 4.4b), requiere el establecimiento de una serie de inspecciones sistemáticas:

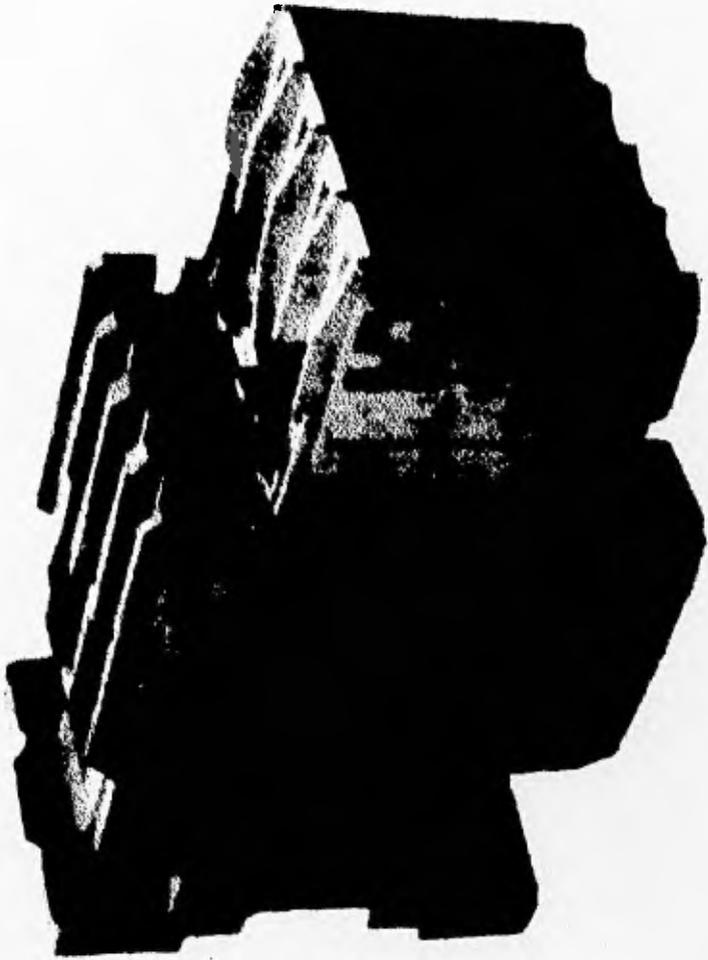
- La instalación inicial tiene que ser revisada y probada.
- Todas las centrales de mando deben estar limpias.
- Debe contarse con un suministro adecuado de refacciones.
- Reemplazar por contactos nuevos los que se han quemado.
- Los contactos deben mantenerse limpios
- Manténgase apretados los contactos y todas las conexiones.
- No se lubrique las chumaceras de los interruptores ni de los relevadores, salvo que la lubricación sea un requisito del fabricante.
- Verificar constantemente que no existan fugas a tierra en todos los circuitos



**Fig. 4.4 a Circuito de control de un motor con tres hilos.**



**Fig. 4.4 Sistema básico de control para un motor de dos direcciones**



CONTACTOR DE EMPLEO COMUN EN EL CONTROL DE MOTORES.

**ANEXO DE HOJAS DE MANTENIMIENTO**

**NAVE DE COLADA**





## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Reporte de fallas en motores eléctricos para reparación en el taller mecánico.

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE FALLA	Informe de la falla:	No de orden de trabajo:
A   B   C   D	Departamento	Sección:

<b>A</b>	<b>CLASIFICACIÓN.</b>
1	Afecta equipo productivo.
2	Afecta equipo auxiliar.
3	Mínimo afecto.
<b>B</b>	<b>TIPO DE DETECCIÓN.</b>
1	Por si mismo.
2	Mantenimiento eléctrico.
3	Mantenimiento mecánico.
4	Producción.
<b>C</b>	<b>CAUSA PRINCIPAL DEL DAÑO.</b>
1	Calidad del equipo.
2	Corrosión.
3	Diseño.
4	Temperaturas.
5	Protecciones descalibradas.
6	Montaje incorrecto.
7	Lubricación.
8	Mala operación.
9	Equipo mecánico incorrecto.
10	Falta de mantenimiento.
11	Mal reparado.
12	Otros.

EQUIPO:
---------

Descripción de la falla
-------------------------

Causa de la falla.
--------------------

Medidas correctivas.
----------------------

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Reporte de fallas en motores eléctricos para reparación en el taller mecánico.

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

D	RESPONSABILIDAD.
1	Mantenimiento eléctrico.
2	Mantenimiento mecánico.
3	Producción.
4	Taller mecánico.
5	Taller eléctrico.
6	Contratista / fabricante
7	Otros.

Estado en que se recibe el motor:

**PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO EN MOLINO**

**INSPECCIÓN ELÉCTRICA Y MECÁNICA.**

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	OBSERVACIONES
		SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	
<b>Sistema ventiladores</b>	Ventilador del horno					
	Ventiladores sistema reining.					
	Ventiladores de tiristores y resist.					
<b>Motores</b>	Motor transversal del horno.					
	Motor ejector de billet.					
	Motor empujador del horno.					
	Motor piruli.					
	Motor de poleas.					
	Motor transp. principal					

**LIMPIEZA ( L )      REVISIÓN FUNCIONAL ( RF )      REPARACIÓN ( R )**

## PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO EN MOLINO

### INSPECCIÓN ELÉCTRICA Y MECÁNICA.

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	OBSERVACIONES
N		SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	
<b>Sistema de bombas</b>	Bombas de enfriamiento (general)					
	Bombas de lubricación (general)					
	Bombas de desagüe gruesos y delgados.					
	Centrifugadoras.					
<b>Otros dispositivos.</b>	Sistemas hidráulicos (general)					
	Tacómetros					

**LIMPIEZA ( L )    REVISIÓN FUNCIONAL ( RF )    REPARACIÓN ( R )**



### 4.3 ORGANIZACIÓN DE RECURSOS DISPONIBLES

Los recursos con los que cuenta una planta industrial, son muy amplios y variados. Estos van desde la administración de los recursos materiales ( instalaciones, maquinaria, herramientas, equipos, etc.) y los recursos humanos ( todo el personal que labora en la compañía ).

La optima organización de los recursos con los que dispone la planta, les redituara a todos los sectores beneficios, al personal le asegura un nivel socioeconómico, ambiente seguro de trabajo, capacitación, etc. La organización que concierne al departamento de mantenimiento, debe considerar varios factores, entre los que se encuentran:

- Delimitar los sectores que corresponden a nuestro departamento.
- Equipos con los que se cuenta para dar mantenimiento.
- El contar con programas de acción para dar servicio.
- Personal capacitado para resolver problemas en el departamento de mantenimiento.
- Recursos económicos que se tienen asignados para labores de mantenimiento.

El personal del departamento de mantenimiento, debe administrar las actividades según varios factores, entre los que se encuentran la prioridad de sectores, gravedad de la falla, grado de especialización del personal disponible. El contar con el personal necesario para proporcionar mantenimiento, con el grado de especialización suficiente para resolver fallas imprevistas, resalta la importancia de la capacitación para el personal que labora en la planta.

### 4.3.1 CAPACITACIÓN

El aprovechar todas las características funcionales de la maquinaria y los equipos, nos proporcionara operación segura y una vida útil más amplia de los mismos. Para lograr este objetivo, el contar con personal calificado, con un amplio conocimiento y experiencia en el manejo de estos, lograremos avances considerables en los niveles productivos.

Las principales ventajas que proporciona el tener programas de capacitación son:

- Ayudar al personal en la toma de decisiones y solución a posibles problemas inesperados.
- Formar personal calificado para apoyar a grupos de trabajadores a su mando.
- Posibilidad de dar mantenimiento a nuevos equipos, disminuyen los costos por concepto de asesoría del fabricante.
- Adiestrar a su personal adecuadamente en los conceptos fundamentales concernientes a trabajos particulares.
- No importa que persona este al mando, cualquiera debe estar capacitado para resolver la falla.

Una de las principales razones para dar capacitación a nuestro personal estriba, en que no se puede contratar personal calificado que realice directamente los trabajos necesarios de mantenimiento de la planta.

### 4.3.2 PRUEBAS DE LABORATORIO.

#### Pruebas Cromatograficas al aceite en transformadores.

Los principales materiales que constituyen el sistema de aislamiento de transformadores, son esencialmente aceite, papel y cartón; el objetivo de estos materiales es aislar los componentes del equipo que llevan corriente, del núcleo, el tanque y las estructuras de soporte, así como servir de refrigerante en el caso del aceite. Bajo condiciones de operación normal se generan dentro del aparato una gran variedad de gases a cierta velocidad, es por esto, por lo que la determinación de cada uno de estos gases y su velocidad de generación es útil para detectar fallas en reactores y transformadores.

Dentro del equipo eléctrico lleno con aceite, en operación normal se pueden formar ciertas cantidades de diferentes gases, sin embargo, esto puede suceder en mayor escala cuando existe alguna falla interna. La operación con falla puede dañar seriamente el equipo y es valioso poder detectar la falla en una etapa inicial de desarrollo. En caso de una falla, se puede deducir su tipo y severidad de la composición de los gases y de la velocidad a la que se están formado; en caso de una falla que empieza, los gases permanecen parcialmente disueltos en el líquido aislante y sólo en casos especiales se encontrarán gases libres. Los análisis periódicos de muestras de aceite para ver la cantidad y composición de gases disueltos, son un medio eficiente para detectar fallas.

#### Tipos de aceites aislantes

Los aceites empleados en los transformadores de potencia y en algunos elementos en instalaciones eléctricas industriales, pueden ser de diferentes características, ver fig. 4.

a) Aceites artificiales. Comúnmente se les llama askareles y son compuestos sintéticos no inflamables, los cuales una vez descompuestos por arco eléctrico, solamente producen mezclas gaseosas no inflamables. Por lo mismo son muy estables y difíciles de destruir, son contaminantes ambientales y tóxicos.

b) Aceites derivados del petróleo. Básicamente son dos, los de base nafténica, que normalmente son los de importación y que tienen un bajo punto de congelación, ideal para usarlos en lugares donde la temperatura ambiente es muy baja; y los de base parafínica a los que pertenece el aceite nacional.

#### Pruebas Físicas.

1. **Densidad.** Es la relación del peso de un volumen dado de una sustancia, al peso de un volumen igual de agua.
2. **Viscosidad.** Al efectuar esta prueba se mide la fluidez del aceite. Se lleva a cabo usualmente en un aparato llamado viscosímetro.
3. **Aspecto visual.** El aceite debe ser limpio, transparente y libre de sedimentos.
4. **Temperatura de inflamación.** La temperatura de inflamación sirve para determinar si el aceite tiene constituyentes muy volátiles.
5. **Color ASTM.** La operación del transformador hace que el color del aceite cambie, la prueba consiste en la determinación del color en el aceite, en función a unas tablas, en las que se muestra un parámetro no mayor de 0.5 máximo en aceite nuevo.
6. **Temperatura de congelación.** Es la temperatura a la cuál el aceite deja de fluir.
7. **Contenido de partículas.** Esta prueba tiene por objeto determinar la cantidad de partículas que contiene una muestra de aceite.

### Pruebas eléctricas.

1. **Tensión de ruptura.** Por definición la tensión de ruptura eléctrica de un aceite aislante es una medida de su habilidad para soportar un esfuerzo eléctrico.
2. **Factor de potencia.** Es una prueba para evaluar la condición del aceite desde el punto de vista dieléctrico.
3. **Tendencia a la gasificación.** Entre las propiedades eléctricas del aceite, la única que está afectada por el tipo de hidrocarburo que lo constituye es la tendencia a gasificar.
4. **Resistividad.** Es la relación de un gradiente de potencial de corriente directa en Volts por centímetro cuadrado en un instante dado de tiempo, bajo condiciones prescritas.
5. **Impulso eléctrico.** El valor de impulso eléctrico en aceites aislantes es una propiedad dieléctrica especial.

Existen otras pruebas a las que se someten los aceites aislantes, entre las que se contemplan:

- Pruebas químicas.
- Pruebas de oxidación acelerada.
- Pruebas de compatibilidad.
- Análisis complementarios.

## Interpretación de los resultados del análisis cromatográfico

Los gases en exceso existentes dentro del transformador se originan por alguna de las siguientes fallas:

- a) Corona o descarga parcial.
- b) Pirólisis o sobrecalentamiento
- c) Arqueo.

En el análisis cromatográfico se observa la presencia de diez gases diferentes, siendo estos los que se mencionan:

Hidrógeno	H <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	
Oxígeno	O <sub>2</sub>	Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Metano	CH <sub>4</sub>	Propano / propileno	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> / C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
Monóxido de Carbono	CO	Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>

### Método de Dornenburg.

El método de *Dornenburg* fue el primero en utilizarse y consiste en relacionar las cantidades de metano e hidrógeno, así como también las de acetileno y Etileno, la intersección de estos dos valores en la gráfica de *Dornenburg* (gráfica No.1) indica la falla que está ocurriendo en el transformador. Este método propone las siguientes ecuaciones, para la determinación de resultados.

$$\frac{CH_4}{H_2} = A \quad \text{y} \quad \frac{C_2H_2}{C_2H_4} = B$$

## Método de Rogers

El método *Rogers* se basa en las relaciones de los cinco gases primarios de la descomposición del aceite, de acuerdo a su aparición según sea la temperatura relativa de la falla. Este método se basa en la relación de los siguientes gases:

$$\frac{\text{Metano}}{\text{Hidrógeno}} \quad \frac{\text{Etano}}{\text{Metano}} \quad \frac{\text{Etileno}}{\text{Etano}} \quad \frac{\text{Acetileno}}{\text{Etileno}}$$

Para un mejor manejo de los datos, se asigna un código a cada relación que depende del valor de cada una y para cada juego de códigos existe una determinada condición del transformador.

$$\begin{array}{ll} \frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2} = \text{A} & \frac{\text{C}_2\text{H}_6}{\text{CH}_4} = \text{B} \\ \frac{\text{C}_2\text{H}_4}{\text{C}_2\text{H}_6} = \text{C} & \frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{C}_2\text{H}_4} = \text{D} \end{array}$$

## Método de la C.S.U.S.

Este método fue desarrollado por una universidad en los Estados Unidos, y es más general que el de Rogers, pues solo agrupa las fallas de transformadores en cuatro grupos diferentes, sin embargo incluye lo que consideran niveles normales y anormales de la cantidad de cada gas en aceite, consulte la tabla 3.

### 4.3.3 EXPERIENCIAS EN EL CAMPO.

Con el objeto de proporcionar una idea más completa de los resultados que se pueden obtener de un análisis cromatográfico, a continuación se describe un caso en el que se obtuvo la muestra bajo condiciones de falla y se sometió a los procedimientos de extracción.

Transformador		Gas	P.P.M.
Capacidad:	24 / 32 / 40 MVA	H <sub>2</sub> (Hidrógeno)	1810.00
Voltaje:	161 / 69 KV.	CH <sub>4</sub> (Metano)	755.30
Marca:	IEM	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (Acetileno)	3062.02
Tipo:	OA-FA-2FA	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Etileno)	3272.96
Tiempo de operación:	2 años 4 meses	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Etano)	476.31
Aceite:	PEMEX		
Volumen de aceite:	32274 Lts.		

Otros datos que se deben considerar para el análisis son:

- Carga promedio de operación.
- Punto donde se toma la muestra.
- Temperatura del aceite a muestrear.
- Preservación del aceite (tanque conservador con sello de nitrógeno).

### Método de Dornenburg.

$$\frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2} = \frac{755.30}{1810.00} = 0.4173 \quad \frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{3062.02}{3272.96} = 0.9355$$

En la gráfica No.1 se observa que al trazar estas coordenadas intersectan en el área denominada "ARQUEO".

### Método de Rogers

$$\frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2} = \frac{755.30}{1810.00} = 0.4173 = 0$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_6}{\text{CH}_4} = \frac{476.31}{755.30} = 0.6306 = 0$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_4}{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{3272.96}{476.31} = 6.8715 = 2$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{3062.02}{3272.96} = 0.9355 = 1$$



$\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$

Gráfica No.1 Dornenburg

De los valores obtenidos de la división de las relaciones, estas les corresponde un valor, consultar la tabla No.1. Una vez obtenido el código de las cuatro relaciones, se procedió a obtener el diagnóstico en la tabla No.2. En la cual se determinó que el origen de los gases fue "Arco con fuerte flujo".

### Método de la C.S.U.S

Este método solo establece límites normales y anormales de cada uno de los gases, en base a los cuales se interpretan los resultados obtenidos en el análisis que el caso en cuestión fueron los anotados en la tabla No.3.

Tabla No. 1 Código del método Rogers

RELACION DE GAS	RANGO	CÓDIGO
CH <sub>4</sub> menor que 0.1	< 0.1	5
H <sub>2</sub> entre 0.1 y 1.0	> 0.1 < 1.0	0
entre 1.0 y 3.0	≥ 1 < 3.0	1
mayor o igual que 3.0	≥ 3.0	2
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> menor que 0.1	< 1.0	0
CH <sub>4</sub> mayor o igual que 1.0	≥ 1.0	1
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> menor que 1.0	< 1.0	0
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> entre 1.0 y 3.0	≥ 1.0 < 3.0	1
C <sub>2</sub> mayor o igual que 3.0	≥ 3.0	2
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> menor que 0.5	< 0.5	0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> entre 0.5 y 3.0	≥ 0.5 < 3.0	1
mayor o igual que 3.0	≥ 3.0	2

Tabla No. 2 Diagnostico de fallas basado en el código Rogers.

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	DIAGNOSTICO
H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	
0	0	0	0	Deterioro normal
5	0	0	0	Descarga parcial
1/2	0	0	0	Ligero sobrecalentamiento de 150° C
1/2	1	0	0	Ligero sobrecalentamiento de 200-300° C
0	1	0	0	Sobrecalentamiento de 150-300° C
0	0	1	0	Sobrecalentamiento general en conductores.
1	0	1	0	Corrientes circulantes en el devanado
1	0	2	0	Corrientes circulantes en el núcleo y tanque, uniones sobrecalentadas
0	0	0	1	Flasheo con bajo flujo
0	0	1/2	1/2	Arco con fuerte flujo
0	0	2	2	Chisporroteo continuo de potencial variable
5	0	0	1/2	Descarga parcial con huella

Tabla No.3 Diagnósticos según método C.S.U.S.

GAS	P.P.M.	CONDICIÓN	INTERPRETACIÓN
H <sub>2</sub>	1810.00	Anormal	Arqueo, corona
CH <sub>4</sub>	755.30	Anormal	Chisporroteo
CO	3313.79	Anormal	Sobrecalentamiento severo
CO <sub>2</sub>	551.16	Normal	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3272.96	Anormal	Sobrecalentamiento severo
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	476.31	Anormal	Sobrecalentamiento local
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	3062.02	Anormal	Arqueo

Todos los métodos de interpretación descritos anteriormente se basaron en estadísticas de fallas de transformadores, y están de acuerdo en que casi en ningún caso es posible hacer un diagnóstico con un primer análisis, sino que es necesario hacer análisis posteriores para establecer una tendencia en el aumento del gas y determinar si se tiene algún problema serio con el que se puede programar los análisis y dejarse correr sin atención permanente del analista.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

### Análisis de gases combustibles.

Capacidad: \_\_\_\_\_

Instalación: \_\_\_\_\_

Tensión: \_\_\_\_\_

Años de servicio: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: \_\_\_\_\_

GAS	VALOR PERMISIBLE	VALOR OBTENIDO	OBSERVACIONES
Acetileno	75		
Butano	350		
Etano	65		
Etileno	150		
Hidrógeno	100		
Metano	120		
Propano	350		
<b>TOTAL DE GASES COMBUSTIBLES ( % ).</b>			

PARÁMETRO CORRECTO [ OK ]

PARÁMETRO SOBRE EL LIMITE [ PSL ]

## 4.4 NORMAS DE SEGURIDAD

El trabajo puede asegurar a la persona la satisfacción de sus necesidades. Sin embargo, para lograr un buen desempeño de sus actividades en el trabajo, debe estar en condiciones físicas óptimas. Todo lo que atenta contra la salud del individuo afecta su capacidad de trabajo, productividad, satisfacción y motivación.

La seguridad en el trabajo, no solo implica la colocación de anuncios alusivos a reglamentos o de consignas de seguridad, instalación de aparatos protectores, entre otras. Esta es consecuencia de un conjunto de actividades organizadas por un departamento, enfocadas a la operación segura de la planta.

**UNA INSPECCIÓN BIEN PLANEADA Y SISTEMÁTICAMENTE REALIZADA, CONSTITUYE UN MEDIO EFICAZ PARA DETECTAR CIRCUNSTANCIAS QUE ENTRAÑEN PELIGRO.**

Los accidentes no ocurren por sí solos, son causados por circunstancias o prácticas inseguras o individuales, es preciso descubrir cuales son los factores que los causan y aplicar medidas adecuadas. En el proceso de inspección, cualquiera que sea su costo en tiempo o dinero, será mucho menor lo que cuesta el descubrir una circunstancia o condición de trabajo riesgosa hasta que se produce el accidente. La figura 4.5 muestra las medidas de seguridad preventivas y correctivas en caso de siniestro.

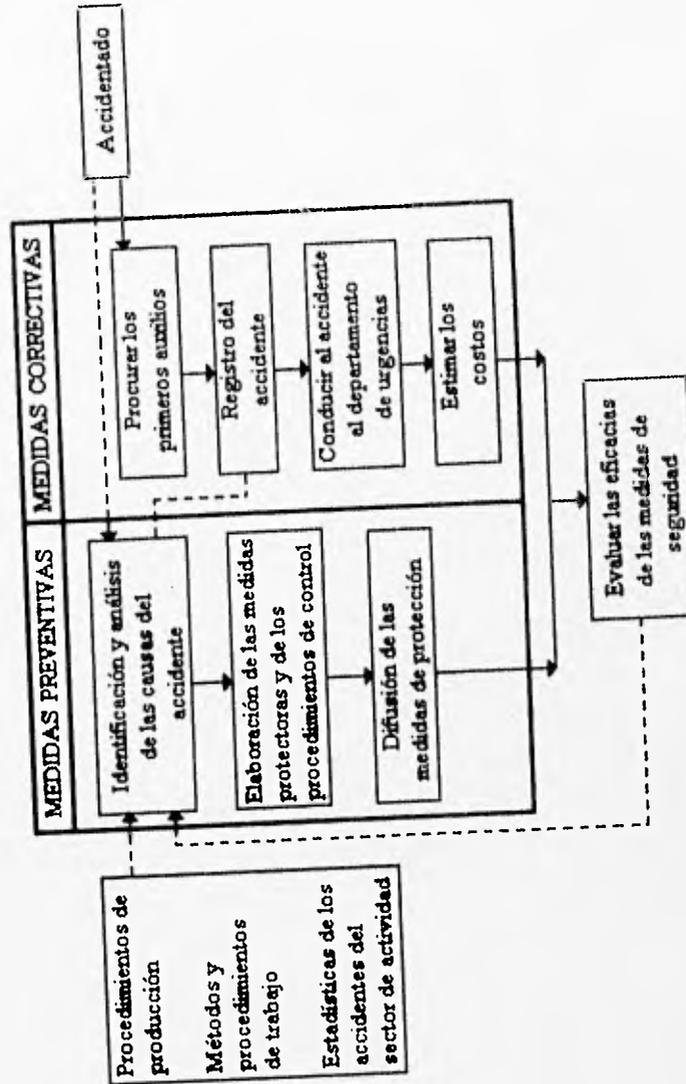
Los beneficios del análisis de tareas son múltiples y afectan tanto a la producción como a la seguridad. Desde el punto de vista de este último, las ventajas son:

- A) Descubrimientos de los riesgos físicos latentes.**
- B) Determinación de las cualidades que se necesitan para un desempeño seguro del trabajo, tales como buena condición física, coordinación de movimientos, capacidad especial, etc.**
- C) Determinación del equipo y herramientas necesarias para garantizar la seguridad.**
- D) Establecimiento de las normas necesarios para la seguridad, inclusive la instrucción y adiestramiento de los trabajadores.**
- E) Planeación anticipada, preparación, desempeño adecuado al que proceda una actitud mental organizada para realizar en la forma debida las diferentes fases de la función operativa.**

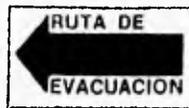
Algunas recomendaciones para la eficiente administración de los recursos humanos en las áreas de seguridad, pueden efectuarse por diversos medios:

- Enseñanza con la ayuda de proyecciones, conferencias, manuales, revistas, etc.
- Publicidad mediante carteles, campañas de seguridad, etc.
- Emulación suscrita por sugerencias o concursos.

En el anexo de hojas de seguridad se muestran los formatos propuestos para la medición de la eficiencia del departamento, y un ejemplo de la forma de llenar las mismas.



**FIG. 4.5** Medidas de seguridad en la planta.



QUE HACER EN:			
<b>SISMOS</b>			
1. Ver	2. Correr	3. Agacharse	4. Cubrirse
5. Salir	6. Evitar	7. Evitar	8. Evitar
<b>INCENDIOS</b>			
1. Ver	2. Correr	3. Agacharse	4. Cubrirse
5. Salir	6. Evitar	7. Evitar	8. Evitar
9. Salir	10. Evitar	11. Evitar	12. Evitar

Fig. 4.5a ALGUNOS LETREROS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

**ANEXO DE HOJAS DE MANTENIMIENTO**

**SEGURIDAD DE LA PLANTA**

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

### Análisis de seguridad en el trabajo

Responsable: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_.

<b>Departamento: Higiene Industrial</b>								
<b>INFORME DE FRECUENCIA Y GRAVEDAD DE LOS ACCIDENTE</b>								
Sector.	MES TRANSCURRIDO			AÑO EN CURSO				
	Horas de Trabajo	Número de Accidentes	Jornadas Perdidas	Horas de Trabajo	Número de Accidentes	Tasa de frecuencia	Jornadas Perdidas	Tasa de Gravedad
Suministro Electrico.								
Patio de Chatarra y Grúas.								
Nave de Hornos.								
Nave de Colada								

La tasa de frecuencia y la tasa de gravedad de los accidentes pueden ser medidas con la ayuda de las siguientes ecuaciones.

$$\text{Tasa de Frecuencia} = \frac{\text{Número de accidentes} \times 1000000}{\text{Horas de Trabajo}}$$

$$\text{Tasa de Gravedad} = \frac{\text{Número de jornadas perdidas} \times 1000000}{\text{Horas de trabajo.}}$$

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Análisis de seguridad en el trabajo

Responsable: Ing. en turno

Periodo: Marzo 95.

Trabajo: Revisión de cuchillas 89T4

Departamento: Suministro eléctrico

Categoría del trabajador: Jefe de turno

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL			
QUE SE RECOMIENDA: <u>Guantes, Zapatos Dieléctricos, Lentes y Cascos.</u>			
No.	Secuencia del trabajo.	Riesgos.	Medidas de seguridad.
1	El jefe de turno abrirá el interruptor 52A2 y colocará un candado.	Ninguno.	Concentrar al personal en la sala de generadores.
2	Utilizando un detector de potencial verificar que no hay voltaje en las cuchillas. Descargar y cortocircuitar la entrada a las cuchillas.	Posible descarga de corriente eléctrica.	Usar guantes para alta tensión y pértiga.
3	Proceder a revisar las cuchillas utilizando escalera.	Caerse.	Asegurar escalera con cuerda.
4	Probar funcionamiento de las cuchillas y dejarlas cerradas.	Desenganche entre pértiga y cuchillas.	Colocar correctamente la pértiga en la argolla de las cuchillas.
5	Retirar herramienta y asear el área.	Caer alguna herramienta y golpear a alguien.	Avisar que no se transite por esa área, mientras se realiza el trabajo.
6	Quitar el cable que cortocircuita la entrada de las cuchillas y retirar la escalera.	Caerse.	Asegurar la escalera. El jefe de turno revisará que no haya algún material ajeno en el área y avisará que se va a restablecer la energía.
	El jefe de turno retirará el candado y cerrará el interruptor 52, dejando restablecida la energía.	Ninguno.	Concentrar al personal en la sala de generadores.

## C A P Í T U L O 5

### COSTOS DE MANTENIMIENTO

#### 5.1 ANÁLISIS DE LOS COSTOS.

La mayoría de los departamentos de contabilidad utilizan varias categorías principales para definir los elementos de las clasificaciones de costos. Estas son: equipo, suministros, mano de obra, servicios exteriores, gastos del departamento de mantenimiento y gastos de la producción.

El análisis de los costos de mantenimiento no se limita a la evaluación de los trabajos ejecutados, sino que se extiende a los costos de reemplazo de los equipos usados u obsoletos. El mejor plan de costos es el que incluye cargos directos, indirectos y generales. Los costos del mantenimiento pueden dividirse en varias categorías:

- **Los costos directos.** Son aquellos que sí incurren en el mantenimiento del equipo de operación y aditamentos auxiliares. Adicionalmente, tienen alguna relación con los programas de producción y, hasta cierto grado, son proporcionales a la producción.
- **Los costos indirectos.** Son los costos que no incurren directamente en el mantenimiento, pero abarcan los requisitos necesarios para llevar a buen fin las tareas de mantenimiento.
- **Los costos generales.** Estos costos incluyen las instalaciones especiales requeridos para la elaboración de sus productos, elementos de seguridad, equipos acondicionadores de aire, etc.

De la sana relación entre los diferentes costos, llevaran a lograr los objetivos del análisis de costos, que a continuación se mencionan.

### 5.1.1 OBJETIVOS

El objetivo primario del sistema de costos tiene dos aspectos: distribución equitativa de los costos y proporcionar un método para control y evaluación del funcionamiento del departamento de mantenimiento. La principal actividad de esta unidad es desarrollar y llevar a cabo un programa simple, pero efectivo de control de costos que:

- A.** Indicará en donde se puede hacer cambios benéficos en la estructura de supervisión.
- B.** Proporcionará la base para un sano programa de mantenimiento.
- C.** Proporcionará los medios para planear y programar todo el trabajo de mantenimiento.
- D.** Suministrará los datos para ayudar al mejoramiento de la eficiencia del equipo productivo.
- E.** Reducirá substancialmente los costos totales de mantenimiento.

### 5.1.2 ESTIMACIÓN.

La estimación en materia de mantenimiento se define como el proceso de predecir los costos antes de se haya realizado el trabajo. Con esta premisa, la estimación es la base de la mayor parte de las herramientas administrativas, utilizadas para la dirección efectiva del trabajo de mantenimiento. La estimación de un costo de mantenimiento se basa fundamentalmente en los dos siguientes factores:

- Qué es lo que se conoce del trabajo; esto es, necesidades, contenido, condiciones y urgencia.
- Cómo se utilizará dicha estimación.

## 5.2 REGISTRO DE LOS DATOS ESTADÍSTICOS

Como se ha mencionado, el objetivo primario del sistema de costos tiene dos aspectos: distribución equitativa de los costos, y proporcionar un método para control y evaluación del funcionamiento del departamento de mantenimiento. Por consiguiente, el reporte de costos y la distribución de la información, debería adaptarse de mejor manera para satisfacer estos requisitos.

La información de costos para el control de ingeniería de mantenimiento se reporta de diferentes maneras. Los resúmenes por orden de trabajo, tipo de equipo, departamento de producción o por tipo de trabajo son los que se utilizan. Se sugiere que el reporte de los costos de mantenimiento para fines de control, se elaboren de una forma que sirva a los siguientes requisitos específicos:

1. La supervisión de los técnicos necesita una medición de la efectividad de su funcionamiento con respecto al empleo de fuerza de trabajo y de material.
2. La dirección o gerencia de mantenimiento necesita alguna indicación de las tendencias generales en los costos de mantenimiento y con suficiente detalle para descubrir las áreas que requieren atención especial.
3. La ingeniería de mantenimiento requiere la información que destacará el equipo o las aplicaciones del equipo que causan costos anormales de mantenimiento y la necesidad subsecuente de la atención de ingenieros.
4. La supervisión de producción deberá estar en posición o posibilidad de conocer sus costos de mantenimiento por producto y, ocasionalmente, por tipo de equipo.

Es importante que el departamento de mantenimiento registre los trabajos ejecutados por cada equipo y su costo, a fin de permitir:

- La planificación de las intervenciones futuras.
- La estimación de los costos de mantenimiento.
- La evaluación de la ejecución del equipo.
- La decisión de reemplazo.

La finalidad del registro de los datos de costos de mantenimiento, es llegar a un costo general de trabajo de mantenimiento en términos de alguna unidad ( trabajo, departamento o tipo de servicio ), en tal forma que se pueda cargar a donde pertenezca y formar una base para el reporte de funcionamiento, para el departamento de mantenimiento o la administración de la planta. Esto requiere el empleo de alguna forma u hoja de resumen en la cual todos los diversos elementos de costos, para tal unidad de trabajo, se acumulen y se totalicen.

Las tarjetas de trabajo, cuando se utilizan, eliminan la necesidad de pasar o copiar las unidades adicionales de tiempo. Sin embargo, las tarjetas de orden o trabajo también requieren un resumen que deberá reconciliarse con el costo total de la mano de obra sobre cierta base .

## 5.2.1 ELABORACIÓN DE REPORTES.

Puesto que los presupuestos se establecen primordialmente para ayudar a una compañía a planear el costo de sus operaciones para producir una utilidad. Con objeto de ayudar aún más al control de costo, el departamento de contabilidad mantiene informado a mantenimiento de los costos que su operación requiere.

**Funciones.** Las funciones de un grupo presupuestador y de control de costos puede dividirse en tres categorías:

**Recolección de información.** La recolección o el registro de datos, se recomienda sea elaborada por el personal que labora en las áreas de mantenimiento, ya que son ellos los encargados de realizar los trabajos y presupuestar el mismo.

**Procesamiento de la información.** El procesamiento de los datos y el control de gastos para fines presupuestarios, se delega al departamento de contabilidad, ya que son ellos los encargados de administrar los recursos de la compañía.

**Interpretación de datos.** La efectiva interpretación de resultados permitirá proyectar futuras modificaciones en los procesos, comparación con informes posteriores y detectar variaciones considerables en los costos de mantenimiento.

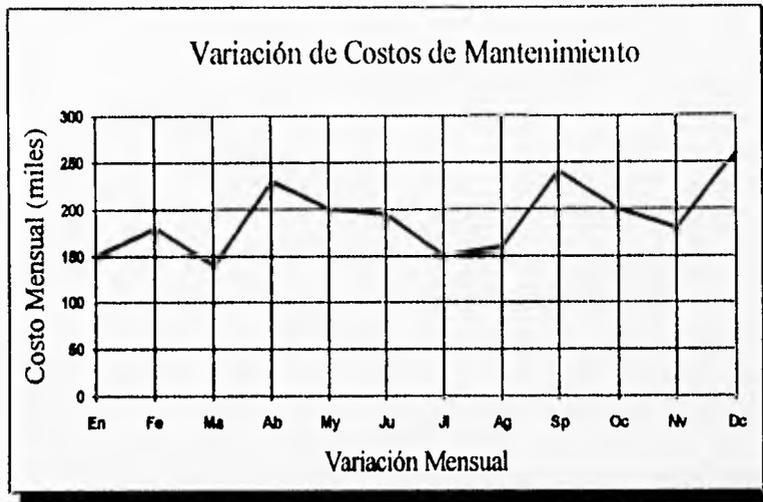
La información de costos para el control de la ingeniería de mantenimiento se reporta de diferentes maneras. Los resúmenes por orden de trabajo, tipo de equipo, departamento de producción o tipo de trabajo, son los que se utilizan. Se sugiere que el reporte de los costos de mantenimiento para fines de control esté en una forma que sirva a requisitos específicos:

- La supervisión de los técnicos necesita una medición de la efectividad de su funcionamiento con respecto a la fuerza de trabajo y el material
- La dirección de mantenimiento necesita identificar las tendencias generales en los costos de su operación y con el detalle suficiente para descubrir las áreas que requieren atención especial.

### **Presupuestos**

Puesto que los presupuestos se establecen primeramente para ayudar a una compañía a planear el costo de sus operaciones para producir una utilidad, y como un progreso financiero de la compañía. El costo acumulado en el funcionamiento del trabajo de mantenimiento es un elemento importante en el panorama financiero general. Los presupuestos de mantenimiento, tanto para costos de reparación, como para operación de los sistemas de servicio, se deben preparar con la precisión requerida, por la cantidad de dinero invertida.

Con el objeto de ayudar aún más al control de costos de mantenimiento, los departamentos de contabilidad frecuentemente proporciona un desglose del rendimiento de los recursos destinados a su funcionamiento. La figura 5.1 muestra las tendencias de los costos y las posibles causas de grandes variaciones.



**FIG. 5.1 TENDENCIAS DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO.**

La gráfica anterior muestra el gasto que se realizó en materia de mantenimiento durante un año; las variaciones mensuales y los puntos donde se presentaron cambios considerables, los cuales hay que examinar para determinar sus causas, así como sus posibles soluciones. Por ejemplo, los límites extremos que se presentan en abril y diciembre corresponden a labores de mantenimiento mayor que se realizan en la planta con motivo de los periodos vacacionales, que a su vez implica grandes inversiones por parte de la empresa.

## 5.2.2 PROCEDIMIENTOS NECESARIOS.

Se necesita un sistema de órdenes de trabajo para establecer un registro de proceso de datos. El solicitante expone sus necesidades de mantenimiento y da el formulario lleno (fig. 5.2) al encargado de mantenimiento, que planificará el trabajo y estimará los costos. El encargado pasa el formulario de la orden de trabajo cuyo valor ha sido ya estimado a las oficinas de mantenimiento, donde sigue el camino necesario para su aprobación.

Una vez que se ha terminado la tarea, el encargado de mantenimiento devuelve su copia de orden de trabajo a la oficina de mantenimiento, que a su vez la notifica al departamento de contabilidad. Cada mes confeccionan una lista de órdenes de trabajo finalizadas para cada centro o cuenta de costos. Esta lista nos proporciona la siguiente información.

- Una descripción breve de la orden de trabajo.
- Costo de la mano de obra.
- Costo de los materiales empleados.
- Costo inicialmente estimado de la tarea.
- Costo total final de la tarea.

La compilación de los costos reales se efectúa después de la ejecución de los trabajos. De esta forma, se conoce con precisión el número de horas de trabajo y la cantidad de material utilizado. Esta evaluación es necesaria para el control presupuestal, para el cálculo del precio de costo y la medición de eficiencia del departamento de mantenimiento.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Departamento:		Cargo:	Orden de trabajo No.
Operando (S) (N)		Asignar:	
Horas de Trabajo	Operario	Clave	Descripción del trabajo
			Material Necesario
	← Total de horas de trabajo		
Estimación		Fecha de movimiento	Firma del responsable:
Sueldos	\$	Elaboración: D-M-A	
Materia	\$	Recibido: D-M-A	
Total	\$	Autorizado: D-M-A	
Costo Total Final	\$	Terminado: D-M-A	
Observaciones			

**FIG. 5.2 FORMULARIO DE ORDEN DE TRABAJO CARACTERÍSTICO**

### 5.3 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROGRAMA.

Es importante que cada departamento justifique sus gastos. Por tanto, es necesario determinar los medios con los cuales se evaluará la eficacia del programa. Se proponen ecuaciones para verificar los resultados de las acciones que se realizan, parámetros de costos y horas de las jornadas laborales en la planta, necesarias para la elaboración de sus productos.

#### a) Razones de Costos.

- Razón de crecimiento de los costos:

$$\frac{\text{costo total de mantenimiento del año en curso}}{\text{costo total de mantenimiento del año anterior}}$$

- Razón de costo por hora-hombre

$$\frac{\text{costo total de mantenimiento}}{\text{número de horas-hombre pagadas}}$$

- Razón de costo total:

$$\frac{\text{costo total de mantenimiento}}{\text{costo total de producción}}$$

- **Razón de crecimiento de los costos.** Es determinada por el costos de mantenimiento en curso contra la del año anterior, es preferible contar con una relación menor a la unidad.

- **Razón de costos por hora-hombre.** Los recursos humanos necesarios para el desempeño laboral y el costo de mantenimiento conllevan una relación, la cual se espera este cerca a la unidad. Para lograr un equilibrio entre estas dos actividades.
- **Razón de costo total.** Otro parámetro es el costo de producción, se espera que este sea menor al costo de mantenimiento. Ya que al invertir en mantenimiento lograremos aumentar la producción y disminuir su costo.

**b) Razones de nivel  
en el mantenimiento**

-Razón de mano de obra / material:

$$\frac{\text{Costo de la mano de obra.}}{\text{Costo del material de mantenimiento.}}$$

-Razón de efecto de las descomposturas:

$$\frac{\text{Número de horas de detección debido a descomposturas}}{\text{Número de descomposturas.}}$$

- **Razón de mano de obra / material.** Otra relación importante es la que llevan la mano de obra necesaria y los materiales requeridos en las actividades de mantenimiento. Se recomienda obtener un equilibrio entre estos parámetros, para evitar variaciones considerables en los costos.
- **Razón de efecto de las descomposturas.** El tiempo muerto a causas de las descomposturas o paros imprevistos en la producción, afectan al sistema productivo. Hay que contabilizar estas y llevar un registro de causa-efecto para prevenirlas.

c) Razones de funcionamiento del departamento.

- Razón de productividad:

$$\frac{\text{horas estimadas de los trabajos}}{\text{horas trabajadas}}$$

- Razón de incidencia de las composuras:

$$\frac{\text{horas dedicadas a los trabajos urgentes}}{\text{horas totales trabajadas}}$$

- **Razón de productividad.** La estimación en función de la productividad, esta determinada por las horas estimadas en las labores y las trabajadas realmente. Se pretende que la estimación no se dispare mucho del valor real. Y así no alterar actividades previamente establecidas.
- **Razón de incidencia de las descomposturas.** Los trabajos urgentes resultantes de la operación de los equipos y del tiempo que estos requieran para ser restablecidos, son factores que afectan a la producción. La planta debe estar apoyada con personal capacitado para estas tareas, en el momento en que la planta lo requiera.

### 5.3.1 APLICACIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados que arrojen estas relaciones, podrán identificar variaciones considerables con registros anteriores y así tomar decisiones que aumenten la eficiencia de los procesos productivos en la planta.

La eficacia del sistema puede medirse por los ahorros de costos finales resultantes. Los esfuerzos deben encaminarse para llegar a este fin con un mínimo de procedimientos y tramites. De las actividades de costos obtendremos los siguientes beneficios inmediatos y así poder aplicarlos a futuras actividades.

- a) Costos de cada tarea en lo referente a trabajo y material.
- b) Costos mensual de los trabajo de mantenimiento.
- c) Almacenamiento de los costos de reparación de piezas específicas predeterminadas.

Esta información es útil para establecer los presupuestos de trabajo y para identificar las áreas de costo elevado que causen grandes variaciones en el presupuesto. Los elementos de elevado costo de reparación o reparaciones repetidas, pueden seleccionarse para aplicarles una mejora de costos.

## 5.4 VENTAJAS ECONÓMICAS.

Las ventajas que implica contar con elementos suficientes para poder examinar, evaluar y proyectar un programa de costo adecuado a nuestras necesidades, es indispensable, entre las que podría citar:

- Adaptabilidad, ya que se vende la idea de mantenimiento a cada uno de los integrantes de la planta, a la gerencia, ejecutivos de producción, supervisores de mantenimiento y a los técnicos.
- Ofrecer a los trabajadores condiciones seguras de trabajo, remuneraciones económicas mejores y posibilidad de crecimiento dentro de la empresa.
- Competir con los mercados, al ofrecer mejor calidad de los productos y mejores tiempos de entrega en los mismos.

El planeamiento y la programación dan nuevamente una idea de las capacidades de la organización de mantenimiento para efectuar un programa tan necesario para su operación efectiva y económica.

#### 5.4.1 BENEFICIOS A LARGO PLAZO.

La organización y operación de un programa de control de costos de acuerdo con los procedimientos dados anteriormente deberá resultar en el logro de los objetivos presentados al iniciar el capítulo.

- **El desarrollo de una sana organización de mantenimiento.** Una adecuada administración de los recursos con que cuenta una compañía, para solventar gastos imprevistos a futuro o posibles crisis financieras que se puedan presentar.
- **Un programa planeado de mantenimiento.** La ventaja que establece, es el hecho que establece una base firme de operación y proporciona información para el apoyo financiero de el programa.
- **Planeación y programación efectivas de todo el trabajo de mantenimiento.** La adecuada administración de los recursos materiales y humanos, en el planeamiento y programación del trabajo de reparación de mantenimiento.
- **Maximizar tiempos de trabajo.** Planear futuras reparaciones, para programar paros en los sistemas productivos y como consecuencia, disminuir el tiempo ocioso en el equipo mientras se efectúan reparaciones.

## CONCLUSIONES.

La industria siderúrgica como parte importante en el crecimiento económico de cualquier país, es uno de los tantos ejemplos de la necesidad de actualizar y renovar los programas de mantenimiento vigentes, con el propósito de obtener beneficios tanto económicos, sociales y particulares propuestos por la organización de la empresa.

El presente trabajo tiene su origen en la necesidad de incorporar nuevas tendencias en el área de mantenimiento, para obtener un beneficio extra en las actividades que se desempeñan actualmente en este rubro. En el caso específico del **mantenimiento eléctrico**, como parte funcional e indispensable de las actividades en este sector, propongo mejoras a los métodos existentes, hojas para registro, políticas, seguridad e incentivos a todos los sectores que están relacionados con la empresa. Todo encaminado a conservar los sistemas productivos en óptimas condiciones de operación y lograr niveles de seguridad altos en el manejo de los mismos.

El proyecto de mantenimiento eléctrico propuesto, está diseñado para una aplicación en específico, ya que cada planta tiene necesidades propias e individuales, en el caso de extender su aplicación a otros sectores industriales, se deberán realizar las modificaciones pertinentes que el caso requiera, para alcanzar los niveles proyectados en su aplicación.

Con base a lo expuesto y resaltando la importancia del mantenimiento en cualquier sistema productivo, del grado de adaptabilidad y la relevancia que esto tiene en el desarrollo e impulso del sector productivo. Se concluye que el mantenimiento esta encaminado a un objetivo único, **lograr producción máxima a un costo mínimo, en un ambiente seguro de trabajo.**

Esperando que el trabajo cumpla con mis objetivos personales y ayude a futuras generaciones en el estudio de las actividades de mantenimiento, de su importancia y relevancia en cualquier entorno productivo de la **ingeniería mecánica eléctrica.**

## BIBLIOGRAFÍA.

### LIBROS.

- **Camarena Alvarez, Pedro**, *Transformadores eléctricos industriales*, Editorial CECSA, México.
- **Chapman, Stephen**, *Máquinas eléctricas*, Editorial Mc Graw Hill, México 1990.
- **Enríquez Harper, Gilberto**, *Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales*, Editorial Limusa, México.
- **Enríquez Harper, Gilberto**, *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*, Editorial Limusa, México 1994.
- **H. Greene, James**, *Control de producción*, Editorial Diana, México 1989.
- **Lao Chen**, *Industrial Power Distribution and Illuminating Systems*, Editorial Dekker.
- **Lasheras, José María**, *Tecnología del acero*, Editorial CEDEL, México.
- **Lazar Irwin**, *Análisis y Diseño de Sistemas Eléctricos para Plantas Industriales*, Editorial Limusa, México 1990.
- **Lockyer Keith**, *La producción industrial y su Administración*, Editorial Alfa-Omega.
- **Morrow L.C.**, *Manual de mantenimiento Industrial*, Editorial CECSA, Tomos I, II, III.
- **Robicon Corporation**, *Instruction Manual for Integrating Error Regulator (IER)*, Pittsburgh 1992.

## FOLLETOS Y REVISTAS.

- **Aceros Nacionales S.A.**, *Folletos de Seguridad Industrial*, México 1990
- **Aceros Nacionales S.A.**, *Manual de Seguridad*, México 1990.
- *American Standard Requirements for ARC Furnace Transformers*, Febrero 1965.
- **Comisión Federal de Electricidad**, *Pruebas Dieléctricas en Aceites Aislantes*, México 1993.
- **Diario Oficial de la federación**, *Normas para instalaciones eléctricas*, México 10 de Octubre de 1994.
- **General Electric**, *Código numérico por función para dispositivos electrónicos en tableros de maniobra*, México 1990.
- **General Electric**, *Equipo de control y Distribución*, México 1994.
- **Ingeniería Eléctrica Industrial, S.A.**, *Mantenimiento de transformadores*, Boletín Técnico.
- **SQUARE-D**, *Central para grúas en CD*. Boletín No. 17, Febrero 1984.
- **Swindell-Dressler Company**, *Electric ARC Furnaces*, México 1992.

## TESIS

- **Sosa Corral, Alfredo**, *Sistemas modernos para la optimización del horno de arco eléctrico*, Tesis Profesional ESIME, 1986 ,pag.105